Les malacofaunes marines archéologiques du Ja'alan (Sultanat d'Oman) : un indicateur des modes de vie des populations dans leur environnement, du Néolithique à l'Âge du Bronze

Chloé Martin

▶ **To cite this version:**

Chloé Martin. Les malacofaunes marines archéologiques du Ja'alan (Sultanat d'Oman) : un indicateur des modes de vie des populations dans leur environnement, du Néolithique à l'Âge du Bronze. Archéologie et Préhistoire. Muséum National d'Histoire Naturelle, 2005. Français. NNT : . tel-02103558

HAL Id: tel-02103558
https://mnhn.hal.science/tel-02103558

Submitted on 18 Apr 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Muséum national d'Histoire naturelle
Département Ecologie et gestion de la biodiversité
UMR 5197 / USM 303 Archéozoologie, Histoire des sociétés humaines et des peuplements animaux

THESE
Pour obtenir le grade de
Docteur du Muséum national d'Histoire naturelle
Discipline : Archéologie
Spécialité : Archéozoologie

Présentée et soutenue publiquement par

Chloé MARTIN
Le 28/06/2005

Les malacofaunes marines archéologiques du Ja'alan (Sultanat d'Oman) : un indicateur des modes de vie des populations dans leur environnement, du Néolithique à l'Âge du Bronze

Sous la direction de Jean-Denis VIGNE

JURY
Rapporteurs
- Mme LEZINE Anne-Marie, Directrice de Recherche au CNRS
- M. CLEUZIOU Serge, Professeur à l'Université de Paris I

Membres
- M. SIRE Jean-Yves, Directeur de Recherche au CNRS, Président
- M. LOZOUET Pierre, Muséum national d'Histoire naturelle
- M. VIGNE Jean-Denis, Directeur de Recherche au CNRS

Photo de couverture : plage de Ra’s al-Jinz (cliché Chloé Martin)

Remerciements

Je tiens à remercier Jean-Denis Vigne d'avoir accepté la direction de cette thèse. Tu as eu confiance en mon travail même dans les moments les plus difficiles, quand je n'y croyais plus moi-même !

Mes remerciements vont également à Serge Cleuziou qui m'a permis de découvrir l'Oman en 1998. Merci pour ton soutien, tes encouragements et ta confiance depuis que j'ai commencé à travailler avec toi en maîtrise.

Je tiens également à remercier Anne-Marie Lézine d'avoir bien voulu être rapporteur de cette thèse et d'avoir contribué à l'améliorer ! Ses conseils et commentaires m'ont été forts utiles !

Merci à Pierre Lozouet, d'avoir supporté « ENCORE une étudiante d'archéologie » et de l'avoir initiée à la malacologie,

Je remercie Jean-Yves Sire d'avoir accepté de faire parti de ce jury de thèse mais aussi de s'être lancé avec moi dans cette folie de décompte de ligne sur les opercules !

Merci à Maurizio Tosi qui m'a autorisé à travailler sur les sites fouillés par l'équipe Italienne. Un grand merci à toute son équipe qui m'a gentiment accueillie lors de la campagne de fouille de 2002, en particulier Maurizio Cattani, Enrico Giannitrapani, Fabio Cavulli, Pucchi, Luana, Simone, Simona, Luca et Marta.

Toute ma gratitude à Tom Vosmer et Peter King qui m'ont hébergé dans leur « palace » pendant un mois avec musique (Breeders et Country), douche chaude et gin tonic à l'apéro !!!!!!!!

Merci à Vincent Charpentier qui m'a permis d'étudier le site de Suwayh 1 et pour nos longues discussions autour du karum !

Je souhaite exprimer ma gratitude à Jean-Claude Plaziat qui m'a aidé à déterminer les coquilles provenant de la mangrove.

Je remercie Jean-François Berger qui a eu la gentillesse de me confier les coquilles provenant de ses sondages ainsi que Sophie Méry pour le site de Suwayh 3.

J'ai appris la réalisation des inclusions et des lames minces grâces aux précieux conseils de Vivian de Buffrénil ; qu'il trouve ici toute ma gratitude.

Merci à tous les « malacos » du BIMM : Philippe Maestrati, Virginie Heros, Jacques Vidal et aux autres aussi, D. Bosch, R. Moolenbeek, E. Neubert.

Je tiens aussi à remercier tous les membres de l'équipe française archéologique en Oman et plus particulièrement :

- Philippe Marquis (alias Black Viper), pour ses chemises colorées et sa bonne humeur quasi constante….
- Eric Pellé (alias grand chasseur blanc), le plus grand piégeur de gerbilles et de petites bêtes méchantes qui piquent…

- Olivier Blin, pour ses conseils de fouille d'un amas coquillier,
- Jean-Paul Breton pour ses repas de fin de mission, véritables sas de décompression avant le retour en France,
- Marc Lacaze pour les parties de pêches sur la plage de Suwayh
- Hélène David pour son soutien et ses magnifiques illustrations !!!
- Yves Guichard pour ses photos par cerf-volant
- Mais aussi Myriam, Cécile, Jessica, Rémi, Olivia qui ont eu la patience de ramasser toutes ces coquilles ….
- Une petite pensée pour tous ceux qui ont participé au tri des refus de tamis et qui ont ramassé tous ces petits opercules…..

Un grand merci à tous les membres de l'ex-laboratoire d'Anatomie comparée qui m'ont hébergé avec sympathie notamment Marc, Rémi, Annick, Pierre, Natacha, Francis, Colette. Nos discussions autour de la machine à café m'ont souvent permis de commencer la journée de bonne humeur (ou franchement grogronne dixit Cécile) !

La base de donnée n'aurait pas pu être réalisée sans l'aide d'Henri-George Naton, merci aussi à Hervé Monchot pour tous les problèmes de stat !

Je voudrais enfin remercier tous les membres de l'équipe d'Archéozoologie (avec une mention spéciale pour Philippe et Anne). Je ne les citerai pas ici, j'ai trop peur d'en oublier un ! Vous avez tous été un soutien dans les moments difficiles.

Mention spéciale pour Karyne et Marie et nos discussions pas forcément sérieuses !

Merci Nathalie pour tes conseils « archéomalacologiques » depuis mon DEA et puis pour tout le reste …

Une pensée particulière pour Cédric et Céline pour la « partie de cochon » lorsque le moral n'y était plus, mais aussi pour les corrections de dernières minutes. Merci encore Cédric d'avoir accepté de partager ta petite table de travail avec moi !!!

Toutes mes excuses (mais pas trop quand même ☺) à tous mes anciens voisins du « Grand Bureau » et aussi à ceux du nouveau : Cécile, Cédric, Céline, Joséphine, Natacha, Nathalie, Olivier et Thomas qui ont supporté ma mauvaise humeur et mes coups de blues et de folie, en particulier ceux du vendredi soir et surtout quand je comptais inlassablement toutes ces lignes de croissances d'opercules. Les balles en mousse ont parfois volé très haut dans la pièce….n'est-ce pas Thomas !!!!

Merci à mes amis : Julie, Jérôme, Gyslaine, Eric, Brigitte et Fred, promis je vous recontacte après la thèse…

Un grand merci à mes parents et mes sœurs pour leur soutien moral tout au long de cette thèse.

Table des matières

Remerciements *1*

Table des matières *3*

Abréviations *9*

INTRODUCTION *11*

PARTIE A : CONTEXTE GÉNÉRAL *19*

1 Contexte environnemental et climatique actuel *23*

1.1 La région du Ja'alan **23**

1.2 Le littoral du Ja'alan **27**

1.2.1 Découpage des fonds marins 27

1.2.2 Bathymétrie des côtes du Ja'alan 31

1.2.3 Températures marines 33

2 Cadre environnemental, climatique et culturel entre 5500 et 2000 av. J.-C. *35*

2.1 Climat et environnement **35**

2.1.1 Les variations du régime des moussons 35

2.1.2 L'environnement et la végétation 38

2.1.3 Variations du milieu marin pendant l'optimum holocène 39

2.2 Quel est l'impact des variations environnementales sur les populations humaines ? **41**

2.3 Les occupations humaines du Néolithique à l'Âge du Bronze **43**

2.3.1 Le Néolithique 43

2.3.2 L'Âge du Bronze 45

2.3.2.1 Le Bronze ancien 45

2.3.2.2 Le Bronze moyen (Période Wadi-Suq 2000-1600 av. J.-C.) et le Bronze récent (1600-1300 av. J.-C.) 49

2.3.3 Le travail de la coquille sur les sites du sultanat d'Oman 49

PARTIE B : LES ASSEMBLAGES MALACOLOGIQUES *55*

3 Les assemblages malacologiques *57*

3.1 Le choix des sites archéologiques **57**

3.2 Autour du village de Suwayh **59**

3.2.1 Le site de Suwayh 1 (SWY 1) 59

3.2.2 Les sondages hors site 61
3.2.3 Le site de Suwayh 3 (SWY 3) 63

3.3 Ra's al-Khabbah 1 (KHB 1) 65

3.4 Les assemblages archéologiques de Ra's al-Jinz (RJ 2 et RJ 1) 65

3.4.1 Ra's al-Jinz 2 (ou RJ 2) 65
3.4.2 Ra's al-Jinz 1, Structure 3 (RJ 1) 71

3.5 Ra's al-Hadd 6 (HD 6) 72

PARTIE C : LA MALACOFAUNE DES COTES DU JA'ALAN 77

4 Les malacofaunes du sultanat d'Oman 81

4.1 Diversité spécifique 81

4.2 Le milieu rocheux 83

4.3 Les milieux sableux et vaseux 89

4.4 La mangrove 91

5 Les référentiels ethnologiques 95

5.1.1 Collecter en zone rocheuse en Oman 95
5.1.2 La collecte du bivalve *Marcia hiantina* pour les Gidjingali (Australie) 97
5.1.3 La collecte d'*Amiantis umbonella* dans la lagune de Sur (Oman) 99
5.1.4 La collecte en mangrove chez les Gidjingali (Australie) 101

PARTIE D : LES METHODES D'ANALYSE, D'INVENTAIRE ET DE TRAITEMENT DES DONNEES 103

6 Les méthodes d'analyse, d'inventaire et de traitement des données 105

6.1 Méthodes de détermination 105

6.2 Mise en place d'une base de données 107

6.2.1 Provenance 107
6.2.2 Identification 109
6.2.3 Etat de la coquille 109
6.2.4 Ecologie : milieu et étage 110
6.2.5 Remarque et divers 111

6.3 Méthode de quantification 111

6.4 Statistiques et analyses des données 112

PARTIE E : LES ASSEMBLAGES MALACOLOGIQUES COMME INDICATEURS DE LA COLLECTE ET DE L'ENVIRONNEMENT 115

7 Suwayh 117

7.1 Le site de SWY 1, secteur 3 117

7.1.1 Corpus d'étude 117

7.1.2 Etat de conservation du matériel 119

7.1.3 Fragmentation 119

7.1.4 Structuration écologique et chronologique des spectres taxonomiques 121

7.1.5 Description des phases 123

7.1.5.1 La phase 1 125

7.1.5.2 La phase 2 126

7.1.5.3 La phase 3 128

7.1.5.4 La phase 4 128

7.1.5.5 La phase 5 130

7.1.6 Analyse des relations entre les principaux taxons 133

7.1.7 Reconstitution de l'environnement à proximité du site 136

7.1.8 Conclusion 141

7.2 Les sondages hors-site 142

7.3 Le site de SWY 3 147

7.3.1 Matériel étudié 147

7.3.2 Prépondérance des bivalves 150

7.3.3 Lieu de collecte : milieu et étage 151

7.3.3.1 Etages 151

7.3.3.2 Milieux 151

7.3.4 Structuration écologique des taxons 152

7.3.4.1 Facteur 1 152

7.3.4.2 Facteur 2 152

7.4 Conclusion 153

8 Ra's al-Khabbah 157

8.1 Décompte du matériel 157

8.2 La fragmentation 160

8.3 Conservation du matériel 161

8.4 Données environnementales 161

8.4.1 Etages 161

8.4.2 Milieu 162

8.5 Quelle collecte ? 162

9 Les sites de Ra's al-Jinz 164

9.1 Ra's al-Jinz 2 (Néolithique, Âge du Bronze) 164

9.1.1 Matériel d'étude 164

9.1.2 Article *Paléorient* 29 : 135-142. 165

9.1.3 Commentaires 176

9.2 Ra's al-Jinz 1 (occupation du 4e millénaire av. J.-C. à la période Wadi-Suq) 177

9.2.1 Matériel d'étude 177

9.2.2 Conservation du matériel 178

9.2.3 Lieux de collecte : milieu et étage bathymétrique 178

9.2.4 Comparaison avec RJ 2 179

10 Ra's al-Hadd 6 181

10.1 Fragmentation et conservation 183

10.2 Contexte d'habitat 183

10.2.1 Pièces IV, V, VI et VIII 183

10.2.1.1 Conservation 183

10.2.1.2 Pièce IV (NR = 32) 185

10.2.1.3 Pièces V (NR = 231) 185

10.2.1.4 Pièce VI (NR = 200) 185

10.2.1.5 Pièce VIII (NR = 535) 186

10.2.2 Pièces XXIV, XXV et XXVI 187

10.2.3 Les pièces III, VII, XI, XXII et XXIII 192

10.3 Sondage QRS 98-100 192

10.3.1 US 400 192

10.3.2 US 401 192

10.4 Conclusion 193

PARTIE F : MÉTHODES MÉTRIQUE ET SCLÉROCHRONOLOGIQUE APPLIQUÉES A SWY 1 195

11 Variations de taille des valves de l'espèce Marcia marmorata 199

11.1 Données écologiques 199

11.2 Mesures des valves 199

11.3 Interprétation des variations de taille 201

12 Étude des opercules de l'espèce Lunella coronata 205

12.1 Rôle et formation de l'opercule 205

12.2 Ecologie des Turbinidés 209

12.2.1 Physiologie de la croissance : l'exemple de *Turbo setosus* 209

12.2.2 Physiologie de la reproduction 212

12.2.2.1 *Lunella granulata* (Fuse, 1993) 212

12.2.2.2 *Lunella coronata coreensis* 212

12.2.3 Caractéristiques de la croissance et de la reproduction de *Lunella* 213

12.3 Méthode et précision des mesures 215

12.4 Présentation des résultats 217

12.4.1 Etude des distributions 217

12.4.2 Analyse de la corrélation entre la taille moyenne et les effectifs 221

12.4.3 Interprétation et conclusion 222

12.5 Sclérochronologie de l'opercule 223

12.5.1 Lecture et signification des stries de croissance 224

12.5.1.1 Exemple de *Turbo setosus* 225

12.5.1.2 Comparaison *Turbo setosus* / *Lunella coronata* 225

12.5.2 Résultats 229

12.5.2.1 Le décompte des stries journalières 229

12.5.2.2 La détermination de la période de collecte 230

12.5.2.3 Observation des spirales 234

13 Conclusion du chapitre 235

PARTIE G : SYNTHESE ET DISCUSSION GENERALE 237

14 Synthèse et discussion générale 241

14.1 Apport de l'étude malacologique aux problématiques des sites 241

14.2 Parure et consommation 241

14.3 Evolution de la collecte du Néolithique à l'Âge du Bronze 243

14.3.1 Le Néolithique 243

14.3.1.1 6^{e}-5^{e} millénaire av. J.-C. : SWY 1 243

14.3.1.2 Le 4^{e} millénaire av. J.-C. : KHB 1 et la période I de RJ 2 249

14.3.2 L'Âge du Bronze 251

14.4 Saisonnalité des collectes 254

14.5 Modifications environnementales ou pressions de collecte ? Le cas de SWY 1 255

Conclusion générale 257

Bibliographie 261

Liste des figures *279*

Liste des tableaux..... *289*

*ANNEXES*_____ *295*

Abréviations

AC : après l'an 0 (after christ)

AFC : analyse factorielle des correspondances

Att : attache ou charnière

BA : bord antérieur

BC : avant l'an 0 (before Christ)

BC cal : date calibrée (before Christ calibrated)

BJD : Bandar al-Jadidah

BP : bord postérieur

BP : avant 1950 (before present)

BV : bord ventral

Col : columelle

ddl : degré de liberté

dt : dernier tour

E : entier

EAU ou **UAE**: Émirats arabes unis

Frag. : fragmenté

HD : Ra's al-Hadd

IOM : mousson océanique indienne

ISO : indice de richesse

ITCZ : zone de convergence intertropicale

KHB : Ra's al-Khabbah

L : labre

NMI : nombre minimum d'individus

NR : nombre de restes

NRd : nombre de restes déterminés

Op : opercule

QE : quasi-entier

RH : Ra's al-Hamra

RJ : Ra's al-Jinz

RWY : Ruwayz

SHOM : service hydrographique et océanographique de la marine

Sip : siphon

St : suture

SWY : Suwayh

T : tour

US : unités stratigraphiques

Vd : valve droite

Vg : valve gauche

VPDB : « Vienna Peedee belemnite », standard utilisé pour les mesures ^{14}C et ^{18}O.

INTRODUCTION

L'originalité des populations côtières omanaises actuelles repose sur un système d'occupation saisonnier (Lancaster et Lancaster, 1990). Si leur vie est rythmée par la pêche en mer pendant les mois d'hiver, entre octobre et juin, elles quittent les côtes de juin à septembre en raison de vents forts engendrés par la mousson d'été. Durant cette période, les populations vivent dans des oasis, et pratiquent la culture du palmier-dattier *Phoenix dactylifera* (Costantini et Audisio, 2001). En contexte archéologique, la culture du palmier-dattier semble attestée au moins dès le Bronze ancien (Costantini et Audisio, 2001) par la découverte de graines à Hili (Emirat Arabes Unis).

La position du Ja'alan, entre les montagnes d'Oman et la mer d'Arabie a probablement joué un rôle important dans le choix des implantations humaines. Ainsi, le « Néolithique » omanais est très différent de celui d'autres régions du Proche- et Moyen-Orient. Les structures d'habitat ne sont pas fixes et correspondent vraisemblablement à un mode de vie nomade. La pêche est très développée avec l'utilisation d'un outillage élaboré comme des hameçons en nacre, des poids de filets et des poids de lignes en pierre (Charpentier *et al.*, 1997 ; 2000 ; 2004). L'élevage semble apparaître dès le 5^{e} millénaire av. J.-C. avec la présence de restes osseux de bœufs, de moutons et de chèvres sur le site d'Al-Buhais 18 dans l'Emirat de Sharjah (Uerpmann et Uerpmann, 2000). Les sites côtiers du Ja'alan comportent par ailleurs une part très importante de restes de mollusques marins, visiblement consommés par les populations, aussi bien pendant le Néolithique qu'à l'Âge du Bronze. Ce matériel, très riche en informations tant sur le choix des espèces que sur les milieux exploités et les stratégies de collecte (Bar-Yosef, 1997 ; Serrand, 2002 ; Dupont, 2003), permet de discuter la question de la mobilité de ces populations. **Les ressources marines ont elles joué un rôle déterminant dans le choix d'implantation des sites ? Y a-t-il eu réellement mobilité de ces populations dès le Néolithique ? Et si oui, était-elle déjà semblable à celle des périodes plus récentes ? L'environnement a-t-il été un facteur important dans le mode de vie de ces populations et dans ses éventuelles évolutions ?**

Les études d'assemblages malacologiques en contexte archéologique sont récentes. Pendant très longtemps, ce type de matériel ne fut pas conservé par les archéologues lors des fouilles. Actuellement cette partie de l'archéozoologie s'est énormément développée, qu'il s'agisse d'études de mollusques terrestres, fluviatiles (Martin, 2004) ou marins, en Europe (Shackelton, 1988 ; Taborin, 1993 ; Karali, 1999 ; Dupont, 2003) ou au Proche- et Moyen-

Figure 1 : Localisation du sultanat d'Oman (a) et en particulier de la région du Ja'alan (b). La carte du Ja'alan indique la position des villages côtiers ainsi que des sites qui ont été étudiés pour ce travail (SWY 1 et 3, RJ 1 et 2, HD 6 et KHB 1).

Orient (Bar-Yosef, 1997) ou encore en zone tropicale (Serrand, 2002). Les questions développées à partir des malacofaunes marines sont très diversifiées, elles concernent :

- l'environnement, notamment pour les assemblages naturels, en particulier les mollusques terrestres et fluviatiles,
- les stratégies de collecte, opportunistes ou ciblées,
- l'impact de l'homme sur les milieux exploités,
- la saison de collecte à partir des stries de croissance,
- l'importance des mollusques dans l'alimentation,
- et l'utilisation de la coquille comme support pour la fabrication d'objets.

Six sites archéologiques ont été étudiés. Ils sont localisés en bord de mer dans la région du Ja'alan au Sultanat d'Oman et ont été occupés entre 5500 et 2000 av. J.-C. environ (**Fig. 1**). Le matériel malacologique de l'Oman est très diversifié tant en espèces qu'en nombre de restes. Il est présent sur la majorité des sites côtiers avec plus de 111.000 restes de coquilles répartis sur six sites archéologiques, Suwayh 1 et 3 (SWY 1 et 3), Ra's al-Jinz 1 et 2 (RJ 1 et 2), Ra's al-Khabbah 1 (KHB 1) et Ra's al-Hadd 6 (HD 6) et plusieurs sondages hors sites (**Tab. 1** et **Fig. 1**).

Site	Abréviation	Attribution culturelle	Nombre de restes
Suwayh	SWY 1	Néolithique	29.033
	SWY 3	Bronze Ancien	3.518
	Sondages 1 à 11	Hors sites (contexte naturel)	4.292
Ra's al-Jinz	RJ 1	Bronze Ancien / Moyen	12.429
	RJ 2	Néolithique / Bronze Ancien	8.597
Ra's al-Hadd	HD 6	Bronze Ancien	7.883
Ra's al-Khabbah	KHB 1	Néolithique	46.012
		TOTAL	111.764

Tableau 1 : Répartition des restes malacologiques étudiés pour les sites archéologiques et en contexte naturel. Le nombre de restes est beaucoup plus important sur les sites du Néolithique que pendant l'Âge du Bronze.

À partir du matériel malacologique omanais, je tenterai de déterminer le mode de vie de ces populations humaines. Pour cela je préciserai l'évolution et la saison de collecte mais aussi les zones d'exploitation de ces mollusques marins. Malgré l'origine anthropique des accumulations de coquilles, j'essaierai, lorsque cette collecte n'a pas été sélective, d'obtenir une image de l'environnement à proximité du site et donc de ses fluctuations.

L'évolution de la collecte

À partir du matériel malacologique, j'ai essayé d'établir quelles stratégies de collecte ont été mises en œuvre. Quels sont les taxons qui ont été ramassés ? S'agit-il d'une collecte opportuniste ou ciblée ? À partir des sites étudiés, il sera possible d'observer les tendances évolutives de ces stratégies d'exploitation du milieu marin. La pêche jouant aussi un rôle alimentaire important sur ces sites, je tenterai de déterminer l'implication des coquillages dans la consommation.

Les restes coquilliers sont particulièrement abondants dans les sites entre le 6^{e} et le 4^{e} millénaire BC[1]. Ils sont par la suite beaucoup moins conséquents sur les sites de l'Âge du Bronze. Le choix des sites archéologiques a été effectué de manière à obtenir une vision chronologique. Si l'étude malacologique a été privilégiée, c'est essentiellement parce qu'elle reflète bien l'environnement côtier à proximité des sites.

La reconstitution de l'environnement

La mise en évidence des stratégies de collectes opportunistes ou ciblées est déterminante. Elle autorise ou non l'utilisation de ces assemblages comme des indicateurs représentatifs de l'environnement. Répondre à cette question est donc un préalable nécessaire à toute démarche paléoécologique à partir des malacofaunes archéologiques.

Chaque espèce de mollusque étant inféodée à un type de milieu, à un niveau bathymétrique particulier, les tests (coquilles) trouvés sur les sites permettent, dans le cas d'une collecte opportuniste, de préciser l'environnement proche. En fonction des résultats des spectres malacologiques et en tenant compte des autres données paléoenvironnementales disponibles, je tenterai donc de reconstituer les différents milieux côtiers à proximité des sites, qu'il s'agisse de zone rocheuse, lagunaire, sableuse ou d'une mangrove, et de définir leur évolution.

La saisonnalité de la collecte

Les sites archéologiques omanais sont généralement considérés comme des habitats saisonniers fonctionnant une partie de l'année, pendant la mousson d'hiver, lorsque la mer n'est pas trop agitée et rend possible la navigation (Cleuziou et Tosi, 1997). Je testerai donc cette hypothèse, notamment en essayant de déterminer la période de collecte d'une des espèces présente à SWY 1.

---

[1] Les calibrations des dates radiocarbone (par dendrochronologie et U-Th) seront signalées par BC cal et les datations relatives (par matériel archéologique) par av. J.-C.

L'impact des variations climatiques

Le sultanat d'Oman est actuellement situé dans la zone de convergence intertropicale avec la présence d'une mousson d'hiver et d'été (Shangar *et al.*, 2002). Les données hors sites indiquent la présence d'un environnement très différent au cours du 4^{e} millénaire av. J.-C. avec l'existence de lagunes et de mangroves dans des zones actuellement désertiques (Lézine *et al.*, 2002). Ces modifications seraient liées en partie à un déplacement des fronts de moussons, récemment observé par les climatologues à partir de deux stalagmites et d'une carotte marine en Oman (Neff *et al.*, 2001 ; Fleitmann *et al.*, 2003 ; Naidu, 2004). Je chercherai donc à comprendre quels impacts ont pu avoir ces modifications climatiques sur les ressources alimentaires malacologiques et leurs stratégies d'exploitation par les populations humaines.

L'impact de l'homme sur le milieu

À partir des données malacologiques des sites côtiers omanais, j'essayerai d'établir si l'exploitation par l'homme a pu modifier la répartition de certaines espèces. J'aborderai cette question à partir des données biométriques obtenues sur les bivalves et les opercules de turbo.

Ce travail sera présenté en cinq parties. La première, la **partie A,** est une présentation du cadre général avec, dans un premier temps, le contexte environnemental et climatique actuel puis dans un deuxième temps le contexte environnemental et culturel entre 5500 et 2000 av. J.-C.

La **partie B** présente les assemblages malacologiques autour de Suwayh, du site de Ra's al-Khabbah, de Ras al-Jinz 1 et 2 et de Ra's al-Hadd 6.

La **partie C** rassemble des données écologiques et quelques exemples ethnologiques actuels de collecte de mollusques marins. À partir des informations sur l'écologie actuelle des espèces malacologiques trouvées sur les sites, j'ai choisi de présenter dans cette partie les quatre principaux milieux rocheux, vaseux, sableux et mangrove.

La **partie D** est une présentation des différentes méthodes utilisées pour traiter les données, qu'il s'agisse de leur inventaire en base de données, de la quantification ou bien des statistiques utilisées.

La partie E présente les résultats de l'étude des assemblages coquilliers des sites archéologiques de Suwayh 1, Khabbah 1 et Suwayh 3, Ra's al-Jinz 1 et 2 et de Ra's al-Hadd 6

et enfin les assemblages hors site avec les sondages effectués à proximité du village de Suwayh.

La partie F porte sur l'étude plus précise de deux espèces, *Marcia marmorata* et *Lunella coronata*. Des mesures effectuées sur les valves gauches de *Marcia marmorata* et les opercules de *Lunella coronata* ont pour but de déterminer les possibles variations environnementales ainsi que les pressions de collecte liées à l'homme. À partir de l'étude sclérochronologique des opercules, je tenterai en outre d'établir la période de collecte de l'espèce *Lunella coronata*.

Ces différentes problématiques seront discutées dans la dernière partie de synthèse, la **partie G,** afin de préciser les modalités d'exploitation des ressources marines et le mode de vie de ces populations.

PARTIE A : CONTEXTE GÉNÉRAL

Cette partie a pour but de situer à la fois le cadre environnemental et chronologique des assemblages étudiés pour cette thèse. Comme nous le verrons pendant toute l'analyse et l'interprétation des assemblages malacologiques, ces deux facteurs jouent un rôle essentiel pour la compréhension des populations humaines de la région du Ja'alan. Le climat et ses variations, mêmes faibles, peuvent avoir une grande influence sur les ressources alimentaires aussi bien terrestres que marines, donc sur les populations humaines. Ce chapitre présentera le contexte géographique, climatique et marin actuel du sultanat d'Oman et plus particulièrement de la région du Ja'alan. Puis, l'évolution de l'environnement depuis l'optimum holocène sera présentée brièvement. La chronologie archéologique de l'Oman et du golfe Arabo-Persique entre le Néolithique et l'Âge du Bronze sera ensuite décrite avec une présentation des travaux préexistants sur le travail de la coquille. La présentation de ces différents paramètres environnementaux permettra de cerner clairement l'originalité de la géographie et du climat d'Oman.

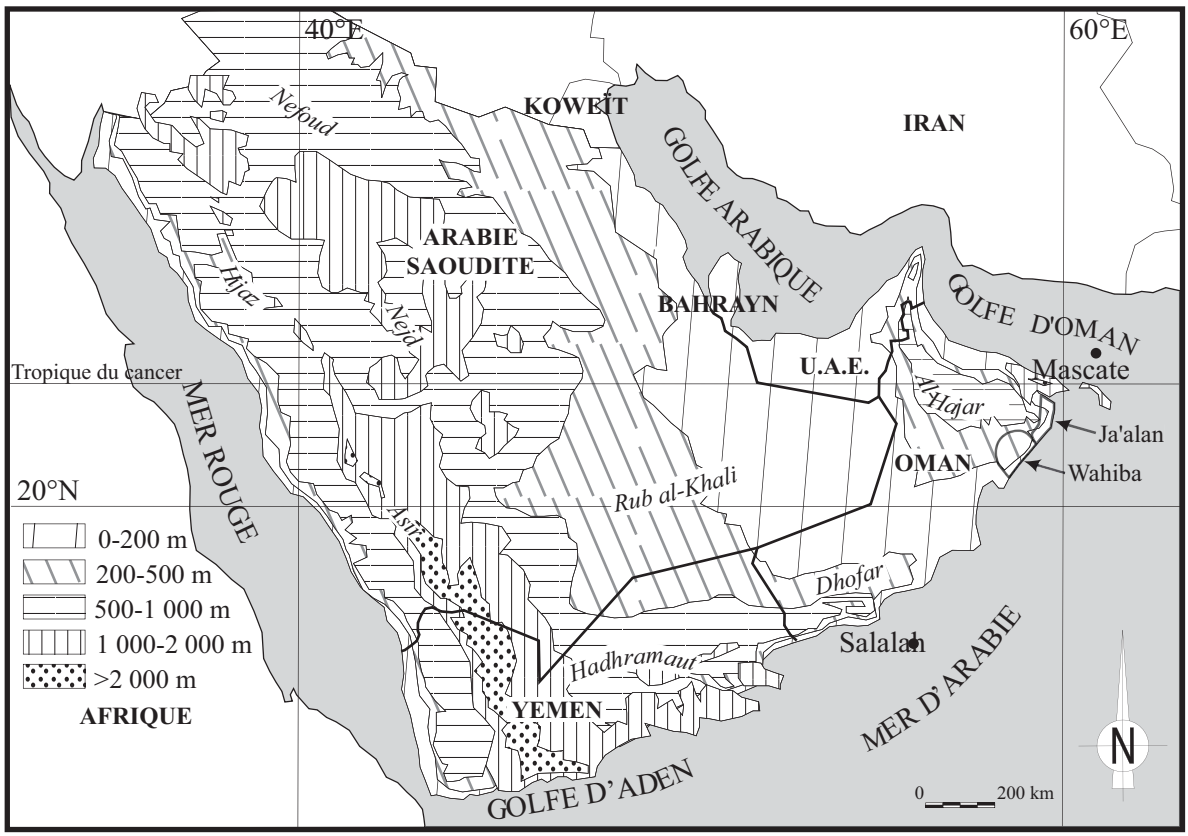


Figure 2 : Relief et position des différents pays qui composent la péninsule Arabique
d'après Ghazanfar et Fisher, 1998, modifié.

1 Contexte environnemental et climatique actuel

1.1 La région du Ja'alan

Le sultanat d'Oman est positionné dans la moitié nord de la côte est de la péninsule Arabique[2] entre 16° et 26° de latitude nord et 51° et 60° de longitude est. Le centre de la péninsule est occupé par deux grands déserts, le Rub al-Khali et le Nefoud. Le Rub al-Khali dont le nom signifie le "Quart vide", s'étend sur une superficie de 600 000 km², des massifs du Yémen aux côtes du golfe Arabo-Persique et jusqu'au pied du massif montagneux d'Al-Hajar en Oman. Notons la présence, entre l'océan Indien et le piedmont de l'Oman, de l'erg des Wahiba composé de grandes dunes de sables orientées Nord/Sud.

Les sites archéologiques étudiés dans le cadre de ce travail sont localisés dans la région du Ja'alan (**Fig. 2**), délimitée à l'est par le golfe d'Oman et encadrée par la montagne omanaise au nord, dans la région de Sur, et les Wahiba au sud, dans la région d'Aseelah.

Dans cette région mais aussi dans tout le pays, la végétation se répartit en fonction des différents milieux géographiques. On dénombre environ six grands types de milieux comprenant des végétations différentes (Ghazanfar et Fisher, 1998).

- En milieu côtier et de sebkha[3] et plus particulièrement dans la zone intertidale, la végétation est dominée par une mangrove à *Avicennia marina* (palétuvier), d'*Arthrocnemum* sp. et d'*Atriplex* sp.
- La plaine côtière comprend principalement des arbustes, des arbres épineux à feuilles caduques et de zones herbeuses xériques[4] comme *Acacia* sp., *Commiphora* sp., *Maerua* sp., *Zizyphus spina christi*.
- En milieu désertique à sol de gravier, la végétation est éparse avec de petits arbustes xérophiles et des taxons comme *Haloxyla salicornicum*, *Artemisia* sp. et *Achillea* sp.
- Pour le milieu désertique à sol sableux, la végétation est très pauvre avec seulement quelques arbustes comme *Calligonum* sp., *Cornulaca* sp., et *Artemisia* sp.

[2] Les règles typographiques utilisées proviennent du « Dictionnaire d'orthographe et d'expression écrite »(Jouette, 1993).

[3] Sebkha : fond de dépression fermée inondable temporairement, où se forment des évaporites (Sanlaville, P. 2000).

[4] De milieu sec

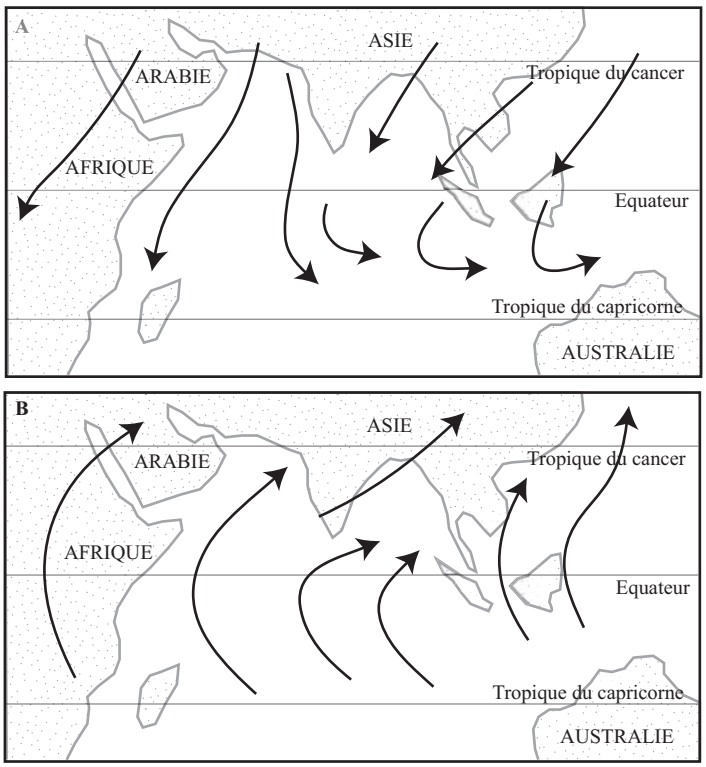


Figure 3 : Sens des vents de moussons
(d'après Zeitzschel, 1973 et Shankar et al., 2002 modifiés**).**
A- mousson d'hiver (du nord-est)
B- mousson d'été (du sud-ouest)

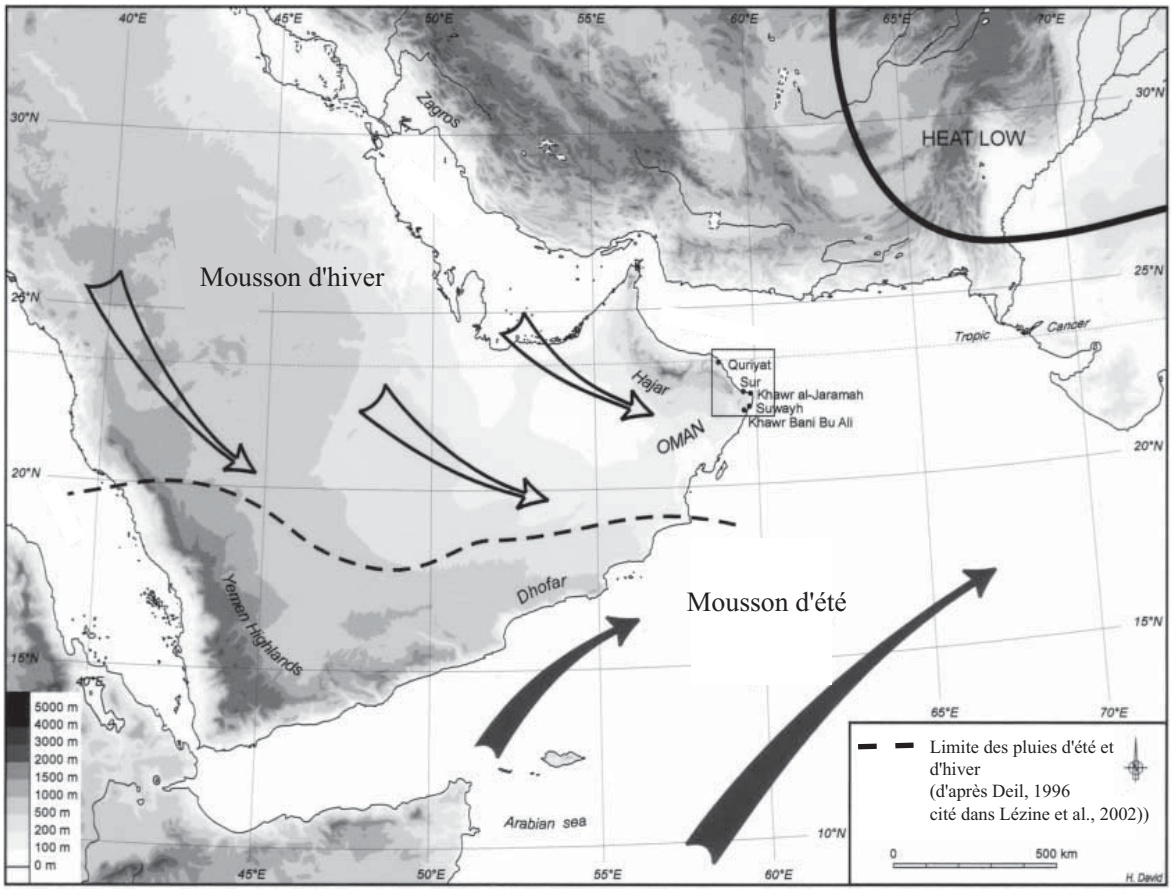


Figure 4 : Limites actuelles des pluies de moussons d'hiver et d'été sur la péninsule Arabique (d'après Lézine et al., 2002)

- Les milieux montagneux présentent des espèces qui diffèrent en fonction de l'altitude. À basse altitude, on trouve certaines espèces des plaines côtières comme *Acacia* sp. et *Commiphora* sp. À haute altitude (>1000m), le genre principale est *Juniperus* sp.

Mécanismes du climat actuel

La mousson est un phénomène climatique qui affecte, toute la péninsule Arabique. Le mot « mousson » vient de l'arabe « *mausin* » qui désigne les vents saisonniers qui s'inversent entre l'été et l'hiver. Cette alternance est la résultante des variations de la pression atmosphérique, provoquées par des différences de température entre l'air de surface des continents et des océans (Lee *et al.*, 2000 ; Shi *et al.*, 2000 ; Schott et Mccreary, 2001 ; Schott *et al.*, 2002 ; Shangar *et al.*, 2002). Actuellement, deux grandes masses d'air influencent toute la péninsule Arabique, l'une polaire qui arrive pendant les mois d'hiver et apporte la mousson d'hiver, et l'autre tropicale, présente pendant les mois d'été, qui apporte la mousson d'été (Blanchet *et al.*, 1998 ; Ghazanfar et Fisher, 1998).

La mousson d'hiver (**Fig. 3A**)

La mousson d'hiver est créée par la différence de température entre l'air de surface continental très froid provenant de l'Asie centrale et l'air océanique plus chaud de l'océan indien. Ce phénomène est régulé par le massif montagneux du Tibet.

Deux grands courants caractérisent cette mousson (**Fig. 4**). Le courant continental provient de l'Asie centrale, il engendre de fortes pluies et abaisse les températures sur le golfe d'Oman. Le courant maritime qui arrive de l'Atlantique Nord s'accompagne en Arabie d'un vent fort, le Shamal, qui souffle du nord-ouest vers le sud-est. Les effets (pluviométrie et vent) de la mousson d'hiver se limitent généralement à la moitié nord de la péninsule Arabique.

La mousson d'été (**Fig. 3B**)

La mousson d'été est engendrée par la différence de température entre l'air de surface austral très froid et l'air océanique de l'océan Indien plus chaud. Elle se caractérise par des vents provenant du sud-ouest, appelés le Khamsin et qui apportent de l'air chaud et humide. Ses effets (pluviométrie et vent) sont limités à la moitié sud de la péninsule Arabique (Böhm *et al.*, 1999). La mousson d'été apporte de fortes précipitations accompagnées d'un air chaud et humide.

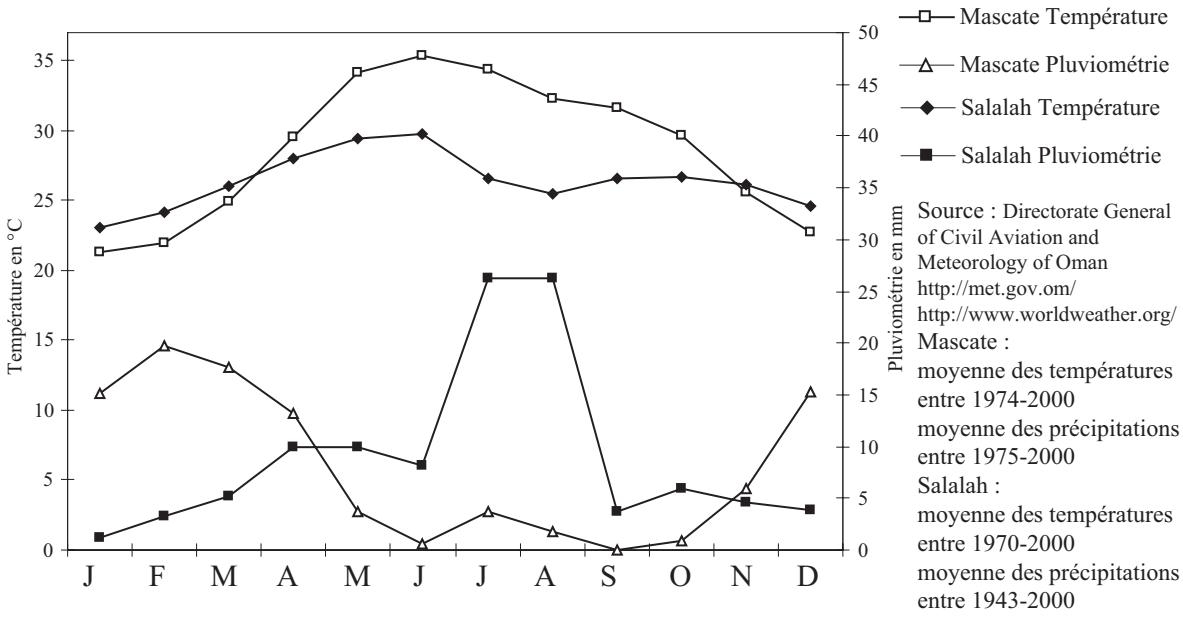


Figure 5 : Température et pluviométrie actuelles des villes de Mascate et Salalah

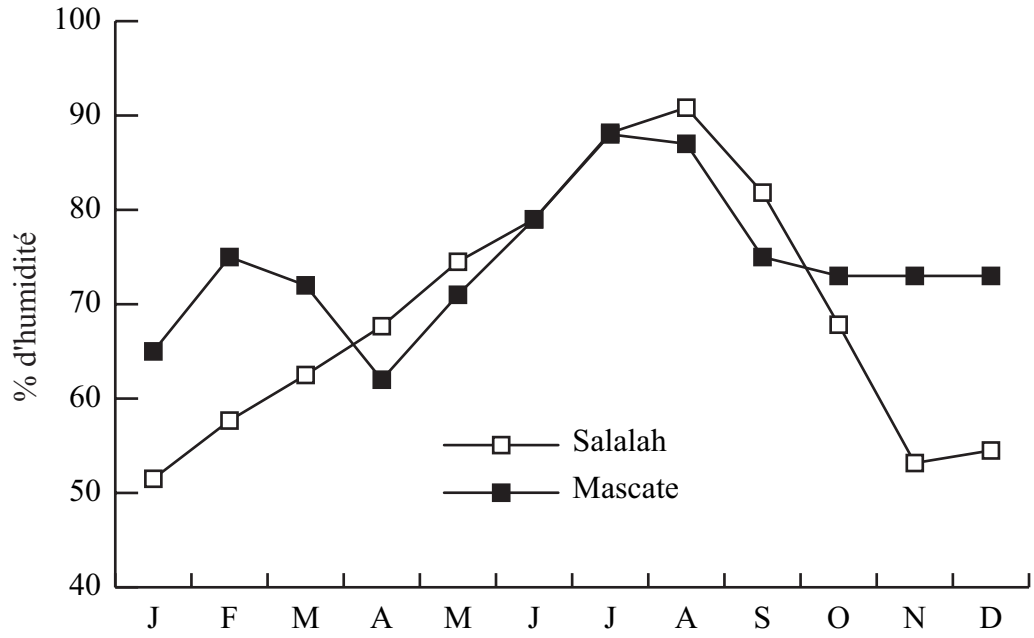


Figure 6 : Taux d'humidité à Mascate et Salalah (Dorvlo et Ampratwun, 1998 ; 1999)

La zone de chevauchement de la mousson d'hiver et d'été s'appelle la zone de convergence Intertropicale (ou ITCZ). Elle détermine les limites des zones d'influence des deux moussons.

Précipitations, températures et humidité

La péninsule Arabique reçoit principalement ses précipitations entre les mois de décembre et avril. Ces quelques mois de précipitations permettent la formation de cours d'eau temporaires aux tracés divagants, que l'on appelle des oueds. Les températures sont très variables au Nord et au Sud de l'Oman. Elles sont généralement plus élevées en été et vers le sud et le climat est adouci à proximité des côtes par la présence de la mer et de l'humidité atmosphérique.

Les sites archéologiques étudiés dans le cadre de ce travail étant localisés à proximité de la mer, j'ai choisi de présenter les températures et la pluviométrie de deux villes côtières actuelles en Oman, l'une au Sud avec Salalah, l'autre au Nord avec Mascate (**Annexe 1 et Fig. 5**). Il fait un peu plus chaud à Mascate entre 22° et 35°C qu'à Salalah avec 23° à 29°C. Dans les deux cas, la période froide se situe entre les mois de novembre et mars. La pluviométrie est en revanche très différente. La ville de Salalah subit la mousson d'été avec des pluies très importantes entre juin et septembre ; l'effet de la mousson d'hiver est pratiquement nul. Pour Mascate, la mousson d'été n'est pas visible. C'est pendant la mousson d'hiver que les précipitations sont les plus importantes. Ces différences de pluviométrie s'expliquent par la position actuelle de l'ITCZ (**Fig. 4**). Les taux d'humidité entre Mascate et Salalah sont en revanche assez proches (**Fig. 6**). Il fait beaucoup plus humide au Nord à Mascate avec une fourchette comprise entre 62 et 88%. Pour Salalah, les forts taux d'humidité se situent entre mai et septembre uniquement.

1.2 Le littoral du Ja'alan

1.2.1 Découpage des fonds marins

Les fonds marins sont divisés en deux grandes zones : la province néritique sur le plateau continental et la province océanique à partir de 110 m de profondeur et jusqu'aux fosses océaniques. La majorité des mollusques marins est localisée dans la province néritique. Cette province est composée de quatre étages disposant de caractéristiques écologiques particulières (Pérèz, 1982 ; Serrand, 2002).

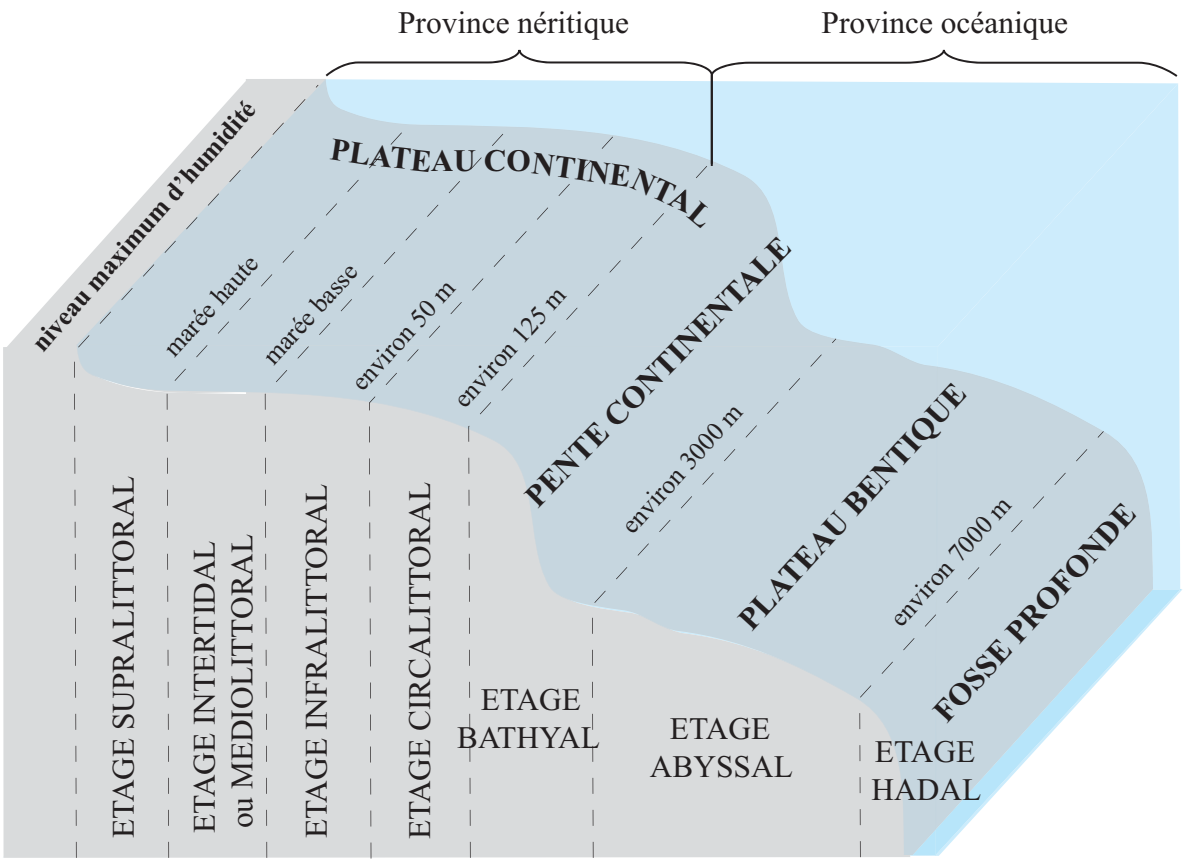


Figure 7 : Typologie et position des étages dans les fonds marins
d'après Pérez, 1982

L'étage supralittoral (**Fig. 7**) peut être rocheux, vaseux ou sableux. Il n'est influencé par le milieu marin que par les embruns. Immergé seulement lors de très hautes marées et de tempêtes, il est habité par des organismes capables de supporter une longue exposition hors de l'eau et adaptés aux fortes variations de température.

L'étage médiolittoral ou intertidal est situé dans la zone de balancement des marées (Hassan, 1995a ; b). En Oman, l'amplitude est de 2,3 m (carte du SHOM n°6946). Les organismes de cet étage sont donc capables de supporter l'émersion et l'immersion. Pérèz (1982) distingue à l'intérieur de cet étage un niveau inférieur et un niveau supérieur en fonction des espèces d'algues.

L'étage infralittoral commence au niveau de la marée basse et s'arrête lorsque la profondeur empêche la lumière d'atteindre le fond et ne permet plus la croissance d'algues. Cette limite inférieure est atteinte à différentes profondeurs suivant les endroits, en fonction de la pénétration de la lumière et donc de la turbidité de l'eau. Les organismes vivant dans cette zone ne supportent pas d'être émergés.

L'étage circalittoral est limité par le plateau continental et peut atteindre des profondeurs très importantes. Le nombre de mollusques marins (richesse spécifique) y est moindre que dans les étages supérieurs.

Ce découpage des fonds marins permet de décrire le passage progressif du milieu terrestre au milieu marin. Les cortèges de taxons de mollusques s'y répartissent en fonction de la nature du substrat, de l'exposition aux vagues et de la disponibilité des ressources alimentaires. Pour décrire le milieu de vie de ces espèces, j'ai choisi quatre types de milieux qui semblent les plus caractéristiques de l'Oman et qui correspondent aux données écologiques des espèces retrouvées sur les sites :

Le milieu rocheux correspond aussi bien aux falaises rocheuses le long des côtes qu'aux fonds marins rocheux totalement immergés. Il est généralement très riche en mollusques, avec aussi bien des gastéropodes mobiles comme la famille des Muricidae et des Turbinidae, que des gastéropodes à mobilité réduite tels que les Patellidae, et des bivalves capables de se fixer sur les rochers comme les moules. Différents facteurs peuvent influencer

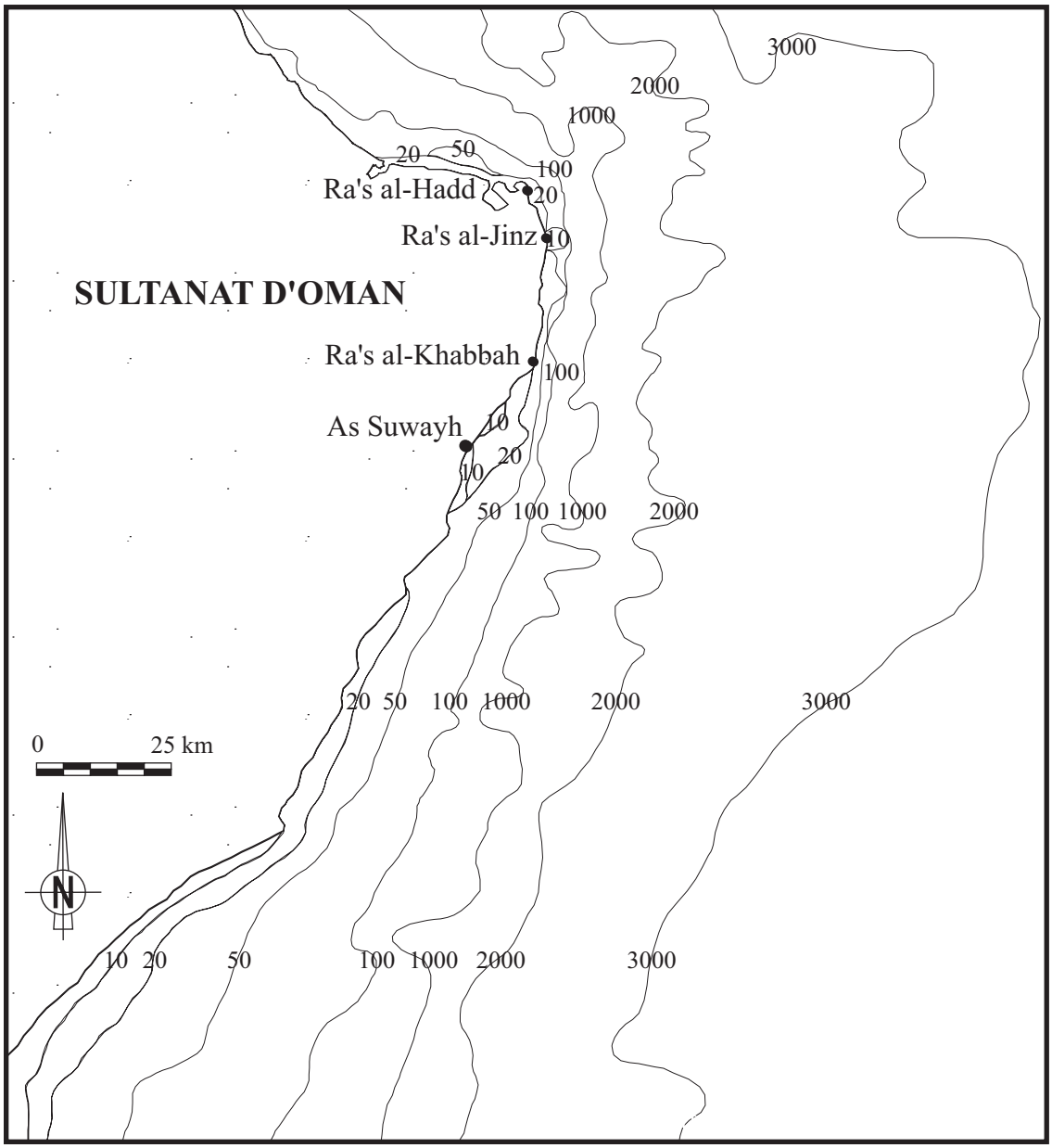


Figure 8 : Bathymétrie de la côte du Ja'alan
d'après la carte n°6946 du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

ce type de milieu tels que l'exposition aux vagues (Nasreen *et al.*, 2000) ou les variations de température. Ainsi dans les crevasses et les infractuosités des rochers, la température est plus élevée. Le milieu rocheux est actuellement très bien représenté sur toute la partie Nord du Ja'alan, particulièrement entre Ra's al-Hadd et Ra's al-Khabbah où le tracé de la côte est essentiellement composé de falaises rocheuses avec une terrasse d'abrasion marine d'environ 34 m de hauteur.

Le milieu sableux comprend un nombre restreint d'espèces. Il est en effet assez peu favorable au développement de végétaux. Les mollusques qui y vivent sont généralement des fouisseurs (*Bullia* sp. ou *Tivela ponderosa*) et sont détritivores ou filtreurs (Mccain, 1984a). Le milieu sableux est actuellement bien représenté le long de la côte, au sud de Ra's al-Khabbah.

Le milieu vaseux : de nombreuses espèces vivent dans le milieu vaseux. On trouve dans le Ja'alan quelques lagunes, ouvertes sur la mer. Elles sont généralement très riches en phytoplancton et zooplancton et comportent donc de nombreuses espèces de bivalves notamment des Veneridae (Muthiah *et al.*, 2002) et des gastéropodes comme les Ceritidae (Balaparameswara et Sukumar, 1979). Au sein du milieu vaseux, on observe parfois la présence de **mangroves**, c'est-à-dire de regroupement de palétuviers. Dans le Ja'alan, les palétuviers appartiennent à l'espèce *Avicennia marina*. Quelques mollusques marins leur sont strictement inféodés, il s'agit de : *Terebralia palustris, Melampus castaneus* et *Cassidula nucleus* (Plaziat, 1982 ; 1984 ; 1995 ; Jensen *et al.*, 1999).

Actuellement, la mangrove n'est présente dans le Ja'alan que sous la forme de reliques comme les lagunes de Khor al-Jaramah et de Sur.

1.2.2 Bathymétrie des côtes du Ja'alan

La mer d'Oman atteint très rapidement des profondeurs importantes lorsqu'on s'éloigne de la côte (**Fig. 8**). Au niveau de la ville de Ra's al-Hadd (au nord-est de l'Oman), la profondeur est de 1000 m à seulement 8 km de la côte. Le plateau continental étant très étroit à ces endroits, il ne permet pas l'établissement de récifs coralliens.

Les marées sont de type semi diurne avec une hauteur maximale de 2,3 m. Les courants sont variables et inférieurs à 0,5 nœuds, portant généralement à l'est de février à octobre et à l'ouest de novembre à janvier (d'après les données du SHOM).

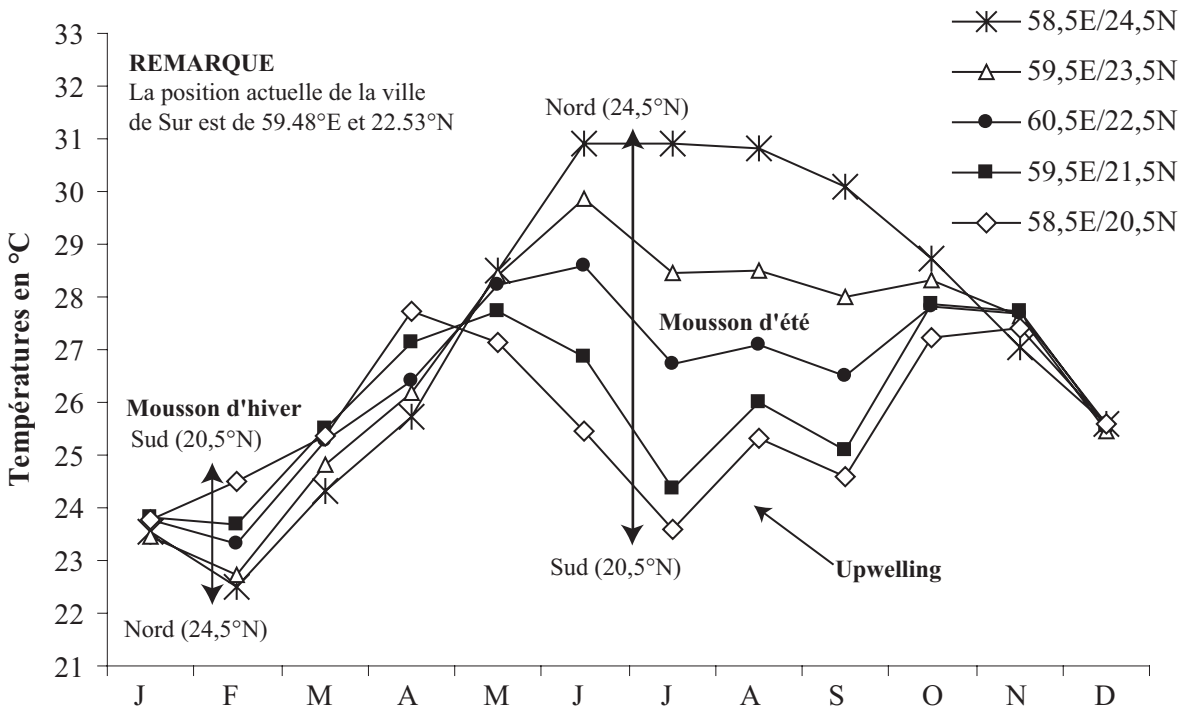


Figure 9 : Températures marines actuelles de surface en fonction de la position des sites du Nord au Sud du Ja'alan. Les upwellings sont visibles pour les sites au Sud (20.5°N). (Levitus, 1982)

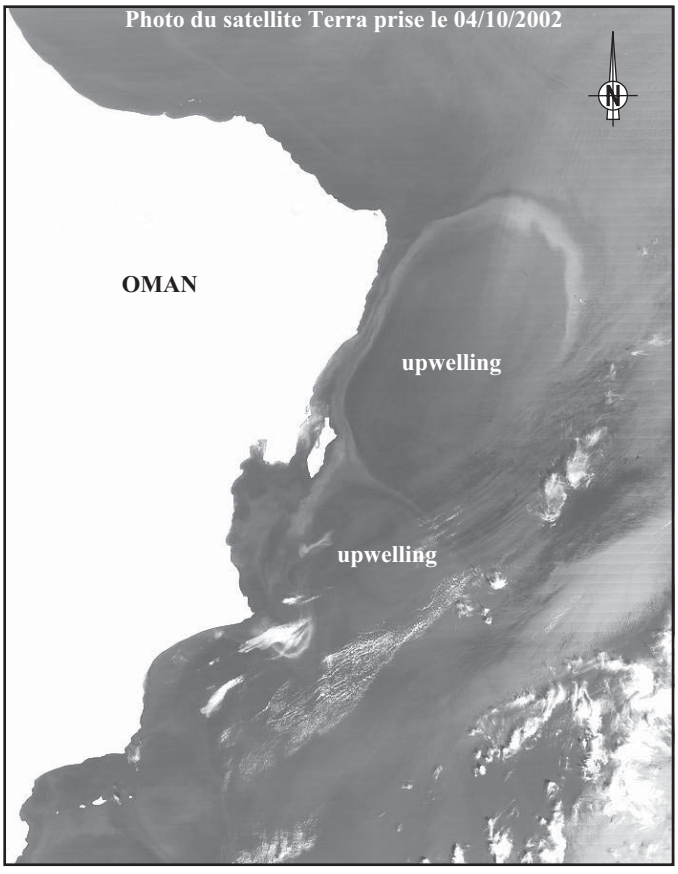


Figure 10 : Photo satellite mettant en évidence la présence d'upwellings le long de la côte omanaise (http://visibleearth.nasa.gov)

1.2.3 Températures marines

Les températures marines actuelles de surface (**Annexe 2**, **Fig. 9**) reflètent les données climatiques continentales obtenues pour les villes de Salalah et Mascate. Elles résultent des effets des moussons d'hiver et d'été, et de la latitude.

Pendant l'hiver, les courants entraînés par la mousson s'orientent NE-SO, parallèlement à la côte. Les températures marines de surface baissent de 3 à 5°C entre les mois d'octobre et février, atteignant leur minimum en janvier et février avec 23,53°C / 22,49°C au Nord et 23,77°C / 24,5°C au Sud.

Pendant l'été, les courants s'orientent en sens inverse, SO-NE. L'effet du vent et des courants entraîne une remontée à la surface des eaux profondes et froides, que l'on appelle upwelling (**Fig. 10**). Cet upwelling est beaucoup plus fort au Sud de l'Oman, vers Salalah, qu'au Nord. Ses effets sont visibles sur les courbes de températures en surface : la température chute au Sud (23,5°C) et augmente vers le Nord (31°C). Il s'accompagne d'un apport important en nutriments qui entraîne le développement de la biomasse avec une augmentation du phytoplanctons et du zooplancton. Ce phénomène est visible à partir des photos satellites (**Fig. 10**), la mer prenant alors une couleur verte. Ces apports en plancton attirent les poissons, tels que les sardines, en grande quantité. La présence de nombreux poissons dans les zones d'upwelling les rend donc très attractives pour les populations humaines.

2 Cadre environnemental, climatique et culturel entre 5500 et 2000 av. J.-C.

2.1 Climat et environnement

L'évolution climatique de la terre au Quaternaire a longtemps été perçue comme relativement lente avec un enchaînement de périodes glaciaires et interglaciaires selon un rythme de 100.000 ans engendré par des variations d'insolation solaire (Milankovitch, 1941). Des données récentes obtenues à partir des carottes de glace (Dansgaard *et al.*, 1993) et des carottes marines (Heinrich, 1988) ont permis de mettre en évidence des oscillations rapides du climat, selon un rythme variant entre 100 et 1500 ans. Ainsi pendant la dernière période glaciaire, des oscillations nommées « cycle de Dansgaard-Oeschger » ont été identifié tous les 1500 ans. Elles se manifestent par un refroidissement suivi d'un réchauffement très rapide. À ces variations s'ajoutent des évènements froids nommés évènements de Heinrich intervenant tous les 7000 ou 8000 ans.

On sait maintenant (Bond *et al.*, 1997 ; 2001) que le cycle « Dansgaard-Oeschger » est aussi visible pendant l'Holocène dans l'Atlantique Nord ; ainsi vers 8200 BP, un coup de froid brutal (appelé aussi par les climatologues évènement 8.2) a été identifié dans l'hémisphère Nord. Il est suivi par plusieurs autres épisodes froids à 5900, 4200, 2800 et 1400 BP (Bond *et al.*, 1997).

2.1.1 Les variations du régime des moussons

Jusqu'à présent, les sites archéologiques les plus anciens étudiés en Oman sont datés du 6^{e} millénaire av. J.-C. ; aucun site Paléolithique n'a, pour l'instant, été découvert en Oman. Cette occupation correspond à une phase climatique humide : l'optimum holocène, entre 8000 et 4000 av. J.-C. environ (Blanchet *et al.*, 1998 ; Sanlaville, 1998).

Cette phase a été suivie d'une aridification progressive du climat dans la péninsule Arabique jusqu'à la mise en place du climat actuel (Blanchet *et al*., 1998).

Les carottes marines MD 77202 et MD 76136 étudiées par Van Campo (1983) au nord-est et sud-est de la péninsule arabique portent la signature de cette phase humide. Elle est caractérisée par des pluies de mousson en abondance et des upwellings très importants entre 9000 et 5000 av. J.-C.

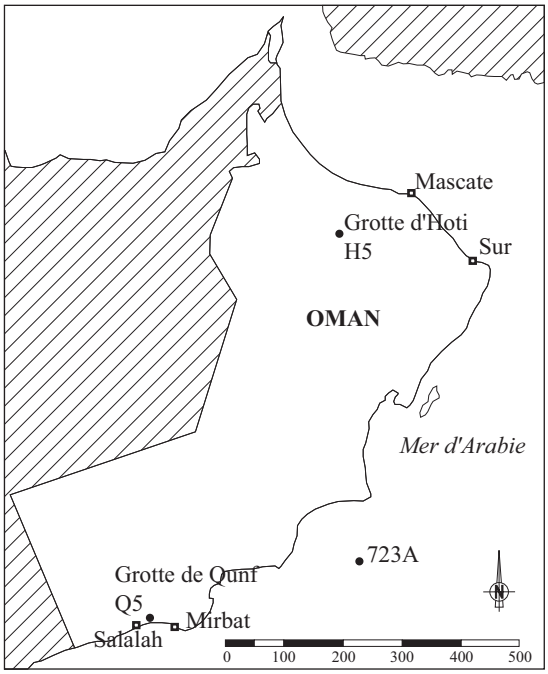


Figure 11 : Position des grottes d'Hoti et de Qunf, ainsi que du sondage 723A effectué en mer d'Oman. Des analyses isotopiques sur de l'oxygène ont été effectuées à partir de prélèvements réalisés sur stalagmites pour la grotte de Qunf (stalagmite Q5) et la grotte d'Hoti (stalagmite H5), et de foraminifères pour la carotte marine 723A. (d'après Naidu, 2004 ; Fleitmann et al., 2003 et Neff et al., 2001)

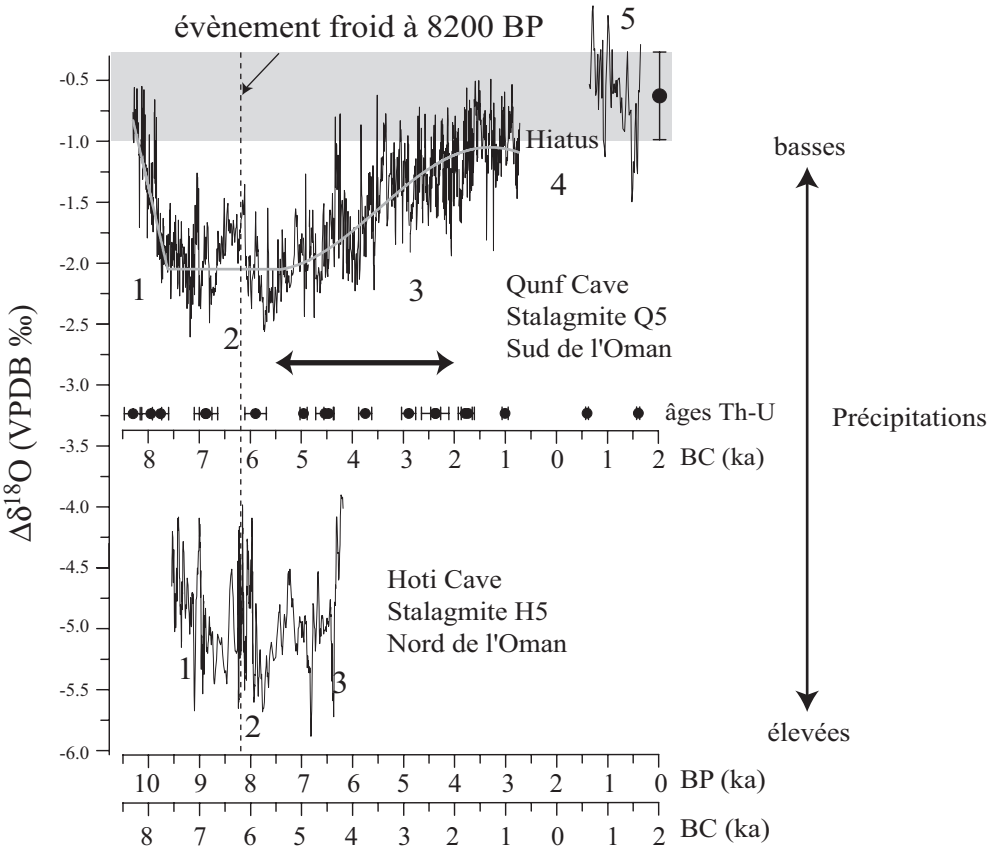


Figure 12 : Résultats des dosages isotopiques de l'oxygène ($\Delta\delta^{18}O$) obtenus pour les stalagmites Q5 et H5. La flèche horizontale positionne la période d'occupation des sites étudiés entre 5500 et 2000 av. J.-C. Plus $\Delta\delta^{18}O$ est négatif plus les précipitations sont élevées et inversement.
d'après Neff *et al.*, 2001 et Fleitmann *et al.*, 2003

Plusieurs études récentes en climatologie pour cette période, ont été effectuées en Oman et à proximité des côtes. Les travaux réalisés à partir de la composition isotopique en oxygène de la calcite ($\delta^{18}O$) contenue dans les stalagmites trouvées dans les grottes de Qunf, du sud de l'Oman (Fleitmann *et al.*, 2003), et de Hoti, au nord de l'Oman (Neff *et al.*, 2001), permettent d'obtenir des informations sur l'importance des précipitations et donc sur les variations de la mousson océanique indienne (ou IOM) entre 9000 av. J.-C. et 200 ap. J.-C. En effet, en zone tropicale et sub-tropicale, les variations des moyennes annuelles des températures sont inférieures à 1°C, soit seulement 0,25‰ (VPDB) de $\delta^{18}O$ dans la calcite. Les variations $\delta^{18}O$ visibles à partir des stalagmites sont donc le reflet des variations des températures et donc des pluies de mousson (Neff *et al.*, 2001). Ainsi lorsque les précipitations sont fortes, les valeurs $\delta^{18}O$ sont négatives et indiquent une forte influence de la mousson indienne.

La position de la **stalagmite Q5 de la grotte de Qunf** (Fleitmann *et al.*, 2003), 17°10N, 54°18E, à 650 m au dessus de la mer (**Fig. 11**), correspond à la limite nord actuelle de l'ITCZ et de la ceinture de précipitation de l'IOM. Cette stalagmite couvre deux périodes entre 8300 et 700 av. J.-C., et entre 600 et 1600 ap. J.-C. Le hiatus entre ces deux périodes correspond à un arrêt des dépots sur la stalagmite entre 700 BC et 600AC.

Différentes variations sont observables à partir des prélèvements effectués le long de la stalagmite (**Fig. 12**).

Pour la période qui nous intéresse, c'est-à-dire entre 5500 et 2000 av. J.-C., le $\delta^{18}O$ d'abord bas ($\delta^{18}O$ = -2‰) avant 5000 av. J.-C. augmente progressivement pour atteindre -1‰ à 1500 av. J.-C. Ces variations indiquent la présence de fortes précipitations entre 7600 et 5500 av. J.-C. suivies d'une diminution à partir de 5500 av. J.-C. Ces modifications des précipitations montrent une IOM beaucoup plus forte entre 7600 et 5500 av. J.-C., avec une progressive diminution à partir de 5500 av. J.-C.

La stalagmite H5 (Neff *et al.*, 2001) provient de la grotte de Hoti, au Nord de l'Oman, au Sud-ouest des montagnes omanaises, 23°05N, 57°21E, à 800 m au dessus du niveau de la mer (**Fig. 11**). Cette zone n'est actuellement pas touchée par l'IOM. Les données paléoclimatiques indiquent que l'IOM était considérablement plus forte au début de l'Holocène entre 7500 et 4500 av. J.-C. avec une limite plus au Nord des précipitations (**Fig. 12**).

Les variations des valeurs $\delta^{18}O$ semblent correspondre à celles qui ont été observées pour la stalagmite Q5 ; elles sont décrites sur la **figure 12**.

Les données climatiques pour l'optimum holocène entre 8000-4000 av. J.-C., visibles à partir des stalagmite Q5 et H5 (Fleitmann *et al.*, 2003), indiquent de fortes précipitations engendrées par une mousson océanique indienne importante et dont la limite nord atteint le Nord de l'Oman. Ce phénomène implique un climat globalement plus humide pendant l'occupation des sites côtiers entre 6000 et 4000 av. J.-C.

2.1.2 L'environnement et la végétation

Ce climat, très différent de l'actuel, a permis le développement d'une végétation particulière que l'on ne rencontre plus actuellement. Une étude palynologique de Lézine (Lézine *et al.*, 2002) a été réalisée à proximité du village de Suwayh dans la région du Ja'alan.

Deux sondages ont été effectués près du site de SWY 1 et à 3 km de la côte, dans la sebkha actuellement peuplée de *Prosopis* sp. Les sondages 1 et 2 font respectivement environ 187 cm et 350 cm de profondeur.

Deux phases sédimentaires ont pu être observées pour ces deux sondages :

- une première phase est située entre 187 et 130 cm pour le sondage 1 et entre 350 et 160 cm pour le sondage 2,
- et une deuxième phase regroupe la partie supérieure des sondages.

La phase profonde du sondage est composée d'argile verte avec des huîtres (*Saccostrea cucculata*) pour le sondage 1 et de fragments de coquilles pour le sondage 2. Elle se caractérise par la présence d'arbres de mangrove du genre *Avicennia* et *Rhizophora*. Le pollen de palétuviers apparaît entre 350 et 200 cm pour le sondage 2 et entre 187 et 140 cm pour le sondage 1. La présence dans ces mêmes dépôts de taxons du genre *Typha* indique un apport en eau douce régulier. À l'inverse, la présence de foraminifères provenant du milieu marin littoral est plutôt indicateur d'une ouverture sur la mer. Deux mesures ^{14}C datent cette phase entre 4040-3819 et 3892-3696 BC cal.

La phase supérieure est une alternance de niveaux d'argile verte et marron, de sables et de graviers avec quelques niveaux d'*Amiantis umbonella* à 70 cm pour le sondage 1 et 100 cm et 40 cm pour le sondage 2. Les seuls niveaux comportant des pollens du taxon *Avicennia* sont positionnés à 21,25 et 15,5 cm de la surface pour le sondage 2. À 40 cm, la présence de foraminifères marins et de milieux littoraux indiquent une influence marine.

Cette phase révèle une influence marine sporadique et un remplacement de la mangrove par un milieu caractérisé par des eaux saumâtres et douces.

2.1.3 Variations du milieu marin pendant l'optimum holocène

Variations des niveaux marins

Plusieurs auteurs ont étudié les niveaux marins à l'optimum holocène dans le golfe Arabo-Persique (Dalongeville et Sanlaville, 1987 ; Pirazzoli, 1991 ; Sanlaville *et al.*, 1991 ; Bernier *et al.*, 1995 ; Lambeck, 1996 ; Dalongeville et Prieur, 1998 ; Dalongeville *et al.*, 1998). Il y a malheureusement très peu d'études en ce qui concerne la côte est de la péninsule Arabique. Néanmoins, les données du golfe Arabo-Persique indiquent qu'entre 6500 et 2000 av. J.-C., le niveau de la mer était plus élevé d'environ 2,5 m au maximum (**Fig. 13**) dans les Émirats arabes unis avec quelques variations pour Bahreïn et Faïlaka (Bernier *et al.*, 1995). Cette élévation du niveau de la mer dans le golfe Arabo-Persique semble correspondre à l'apparition des mangroves le long de la côte du Ja'alan. L'origine de ces phénomènes de modification du niveau de la mer est encore difficilement explicable, néanmoins, il ne faut pas écarter la possibilité de phénomènes tectoniques, la côte Est de l'Oman étant parallèle à une faille (Sanlaville, 2000).

Variations de l'intensité des upwellings

Les données palynologiques de Van Campo (1983) obtenues à partir des carottes marines MD 77202 et 76136, mettent en évidence des upwellings très forts entre 9000 et 5000 av. J.-C. Le sondage 723A (Naidu, 2004) effectué à proximité des côtes de l'Oman à 18°03N, 57°37E, à 807,8 m en dessous du niveau de la mer (**Fig. 11**) permet de déterminer avec plus de précisions les variations d'intensité des upwellings entre 19000 av. J.-C. et 100 ap. J.-C.. La composition isotopique en oxygène ($\delta^{18}O$) est calculée à partir des foraminifères. La différence entre les valeurs $\delta^{18}O$ d'une espèce de foraminifère planctonique de fond et celles qui proviennent d'une espèce de surface, permet de déterminer la présence d'upwellings caractérisée par une baisse de température de surface provoquée par un apport d'eau froide profonde. Lorsque la différence entre les deux foraminifères est faible, elle indique un fort upwelling.

L'analyse a été effectuée à partir de la différence des valeurs de $\delta^{18}O$ entre *Pulleniata obliquiloculata* (foraminifère planctonique de profondeur) et *Globigerina bulloides* (foraminifère planctonique de surface). Les résultats obtenus indiquent la présence de forts upwellings entre 8000 et 4000 av. J.-C. et 17000 et 16000 av. J.-C. (**Fig. 14**).

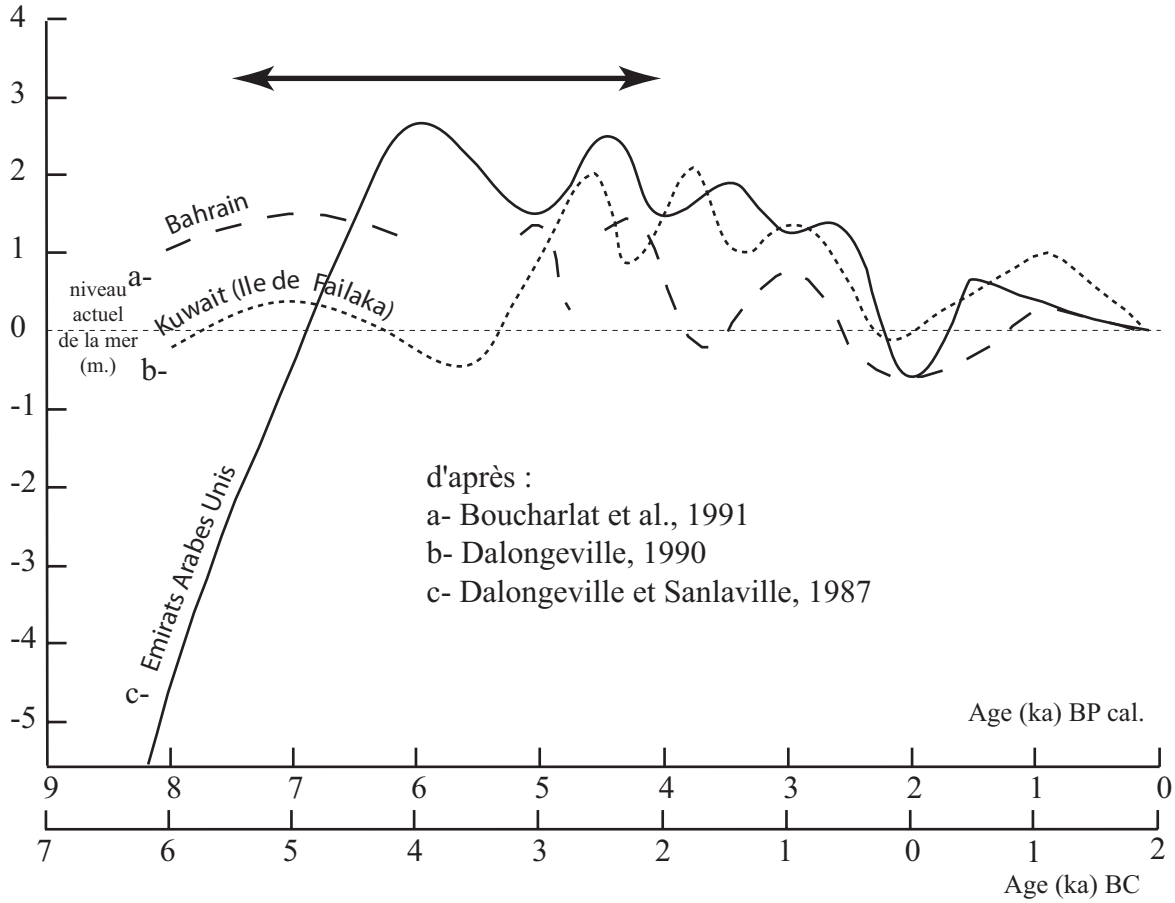


Figure 13 : Niveau marin dans le golfe Arabo-Persique depuis 8000 BP cal.
La flèche horizontale indique la période d'occupation des sites étudiés.
d'après Bernier et al., 1995

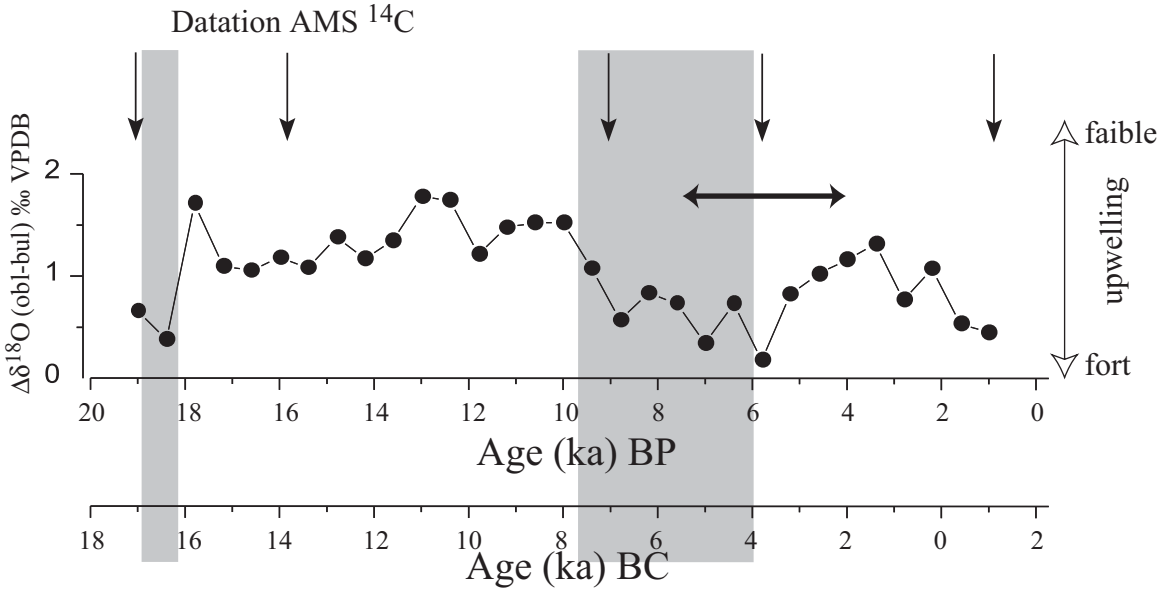


Figure 14 : Résultats des variations $\delta^{18}O$ obtenus à partir de foraminifères.
La flèche horizontale indique la période d'occupation des sites étudiés.
La différence entre *Pulleniata obliquiloculata* (foraminifère planctonique de profondeur) et *Globigerina bulloides* (foraminifère planctonique de surface) permet de détecter la présence d'upwelling. On observe deux périodes avec de fort upwelling entre 4000 et 7500 av. J.-C. et entre 16000 et 17000 av. J.-C. (en gris).
(d'après Naidu, 2004 modifié)

2.2 Quel est l'impact des variations environnementales sur les populations humaines ?

L'Oman est localisé dans une zone importante pour la compréhension des variations climatiques pendant l'optimum holocène. De nombreuses données indiquent la présence d'un climat différent de celui que l'on peut observer aujourd'hui, en particulier pendant l'occupation des sites, entre 5500 et 2000 av. J.-C. avec :

- la présence de forts upwellings entre 8000 et 4000 av. J.-C.
- un niveau marin plus haut de 2 m par rapport au niveau actuel dans le golfe Arabo-Persique entre 5500 et 2000 av. J.-C.
- d'importantes précipitations entre 7600 et 4500 av. J.-C. provoquées par une augmentation de l'intensité de l'IOM et une position plus nordique de la limite des pluies de mousson indienne.

La période de forts upwellings entre 8000 et 4000 av. J.-C. semble correspondre à des épisodes de fortes précipitations entre 7600 et 5500 av. J.-C. enregistrés dans la stalagmite Q5 et entre 7000 et 4500 av. J.-C. enregistré dans la stalagmite H5. Toutes ces modifications sont liées à la présence d'une mousson d'été beaucoup plus forte qu'actuellement et atteignant le Ja'alan. Le paysage côtier de l'Oman était donc très différent de celui que l'on peut observer actuellement, avec notamment des températures marines d'une grande amplitude, probablement assez proche de celles que l'on observe actuellement à Salalah et avec des upwellings très forts.

Ces informations apportent une vision très différente du climat actuel des côtes du Ja'alan et expliquent probablement la forte concentration des sites archéologiques en bord de mer. La végétation et les forts upwellings étaient probablement des facteurs très attractifs pour la faune terrestre et pour les poissons, rendant ces zones riches en ressources alimentaires très attrayantes pour les populations humaines.

À travers cette étude et en tenant compte de ces modifications climatiques, différents objectifs ont été visés :

- Une meilleure connaissance de la biodiversité des malacofaunes du Ja'alan pendant l'optimum holocène.

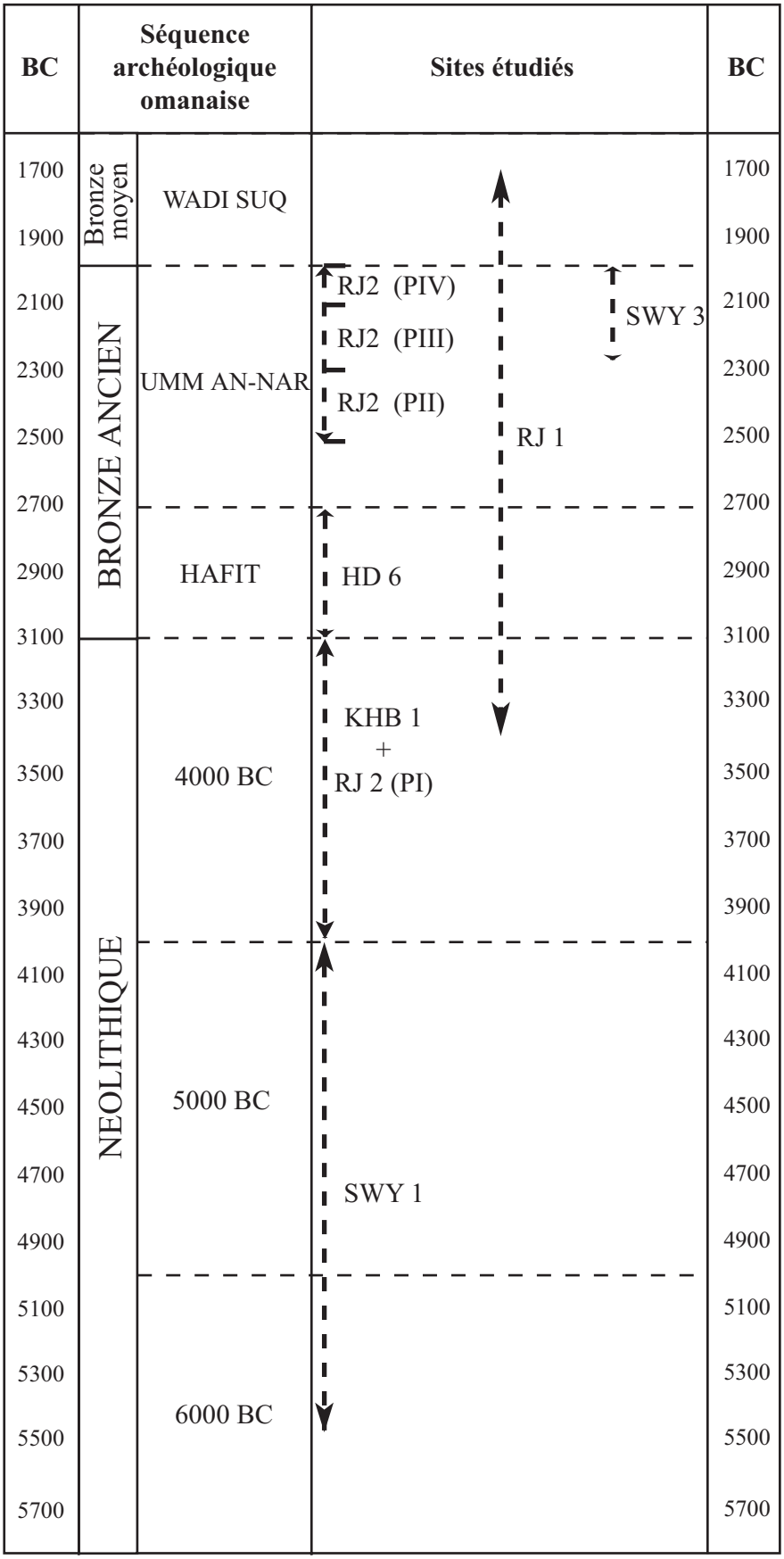


Tableau 2 : Chronologie de l'Oman du Néolithique au Bronze moyen avec la position des sites étudiés.

- Une reconstitution du milieu côtier local à partir des données malacologiques. Cette reconstitution permettra de comprendre les choix des mollusques marins collectés.
- À partir du matériel malacologique, je tenterai de définir les conséquences de ces variations climatiques sur les malacofaunes et sur les systèmes d'exploitation qui leur sont liés afin de contribuer à comprendre leur impact sur les populations côtières du Ja'alan du Néolithique et de l'Âge du Bronze.

2.3 Les occupations humaines du Néolithique à l'Âge du Bronze

La recherche archéologique en Oman et dans les pays du Golfe, contrairement à celle de la plupart des pays du Proche-Orient et du Moyen-Orient, n'existe que depuis une trentaine d'années. L'avancement de ces recherches varie énormément en fonction des pays. Ainsi, le sultanat d'Oman et les Émirats arabes unis ont été particulièrement étudiés.

Longtemps considérées comme inexistantes sur toute la péninsule Arabique, les occupations du Paléolithique ou de l'Epipaléolithique, c'est-à-dire antérieures au 7e millénaire av. J.-C. semblent néanmoins présentes mais ne seront pas développées ici (Cleusiou et Tosi, 1997).

La chronologie actuellement utilisée en Oman a été établie à partir des fouilles récentes effectuées aux EAU et en Oman (**Tab. 2**).

2.3.1 Le Néolithique

De très nombreux sites néolithiques ont été découverts en prospection le long des côtes d'Oman (**Tab. 3)**. Cette prédominance des sites côtiers s'explique principalement par la difficulté de repérer des sites de plein air à l'intérieur des terres, ces habitats étant généralement positionnés sous les occupations actuelles, en bord d'oasis, ou éparpillés dans des zones désertiques difficiles d'accès. En bord de mer, les sites néolithiques sont aisément reconnaissables par l'accumulation importante de coquillages. Plusieurs sites ont néanmoins été découverts à l'intérieur des terres dans les EAU et en Arabie Saoudite (Masry, 1974). Ils suggèrent un possible fonctionnement complémentaire avec les sites côtiers qui auraient servi de sites de pêche pour les populations néolithiques de l'intérieur (Cleuziou et Tosi, 1997).

Au 6e millénaire av. J.-C., les structures d'habitat sont reconnaissables par l'agencement des trous de poteaux. Elles sont de forme circulaire, généralement regroupées. Parmi le matériel, on trouve quelques pointes de flèches pédonculées, dites « pointes Fasad », vraisemblablement utilisées pour la chasse, comme l'attestent les quelques restes de gazelles

parfois identifiés sur ces sites. Les coquilles sont présentes sur les sites en bord de mer, formant de véritables amas de coquilles le long de la côte omanaise (Charpentier *et al.*, 1997 ; 2000 ; 2003). Les restes de poissons sont également nombreux et témoignent d'une importante consommation. La question de l'ancienneté de l'élevage se pose pour certains sites au Yémen (Fedele, 1990), avec la découverte de rares ossements de bovidés et caprinés (non datés).

6e millénaire av. J.-C.	5e millénaire av. J.-C.	4e millénaire av. J.-C.	Type de site	Référence et mention
Bandar al-Jadidah (BJD 1)		Bandar al-Jadidah (BJD 1)	Habitats	(Charpentier *et al.*, 1997)
Suwayh 1 (SWY 1)	Suwayh 1 (SWY 1)		Habitats et sépultures	(Charpentier *et al.*, 2003)
Suwayh 11 (SWY11)			Habitats	(Charpentier *et al.*, 2000)
	Suwayh 2 (SWY 2)	Suwayh 2 (SWY 2)	Habitats	(Charpentier *et al.*, 1997)
	Ra's al-Khabbah (KHB 1)	Ra's al-Khabbah (KHB 1)	Habitats	Fouillé par E. Giannitrapani et F. Cavulli
	Ra's al-Hamra 6 (RH 6)	Suwayh 3 (SWY 3)	Habitats	(Méry et Marquis, 1998 ; 1999 ; Méry et Charpentier, 2003 ; Biagi et Nisbet, 1999)
		Ra's al-Hamra 4 RH4 (II et I)	Habitats	(Durante et Tosi, 1977)
		Ra's al-Hamra 5 (RH5)	Sépultures et habitats	(Durante et Tosi, 1977 ; Salvatori, 1996)

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des principaux sites côtiers omanais occupés au Néolithique. En gris, les sites ayant été datés par ^{14}C, les autres sites ont été datés à partir du matériel archéologique. Seul ceux qui ont fait l'objet d'une publication ou d'une étude sont mentionnés.

Pendant le 5e millénaire av. J.-C., dans les sites côtiers, la pêche et la collecte de coquillages restent prédominantes (Charpentier *et al.*, 2000 ; 2003). Les sites ont livré du matériel de broyage ainsi qu'un outillage de pêche (poids de filets et hameçons en nacre de *Pinctada margaritifera*). Les pointes de flèches étaient réalisées en silex mais aussi en dents de requins comme l'atteste la découverte d'une dent de squale perforée, fichée dans la troisième lombaire d'un homme (Salvatori, 1996).

Sur la plupart des sites de la région du Ja'alan, le matériel osseux n'a pas été étudié. Les quelques études existant pour toute la région du golfe Arabo-Persique indiquent une prédominance des ressources marines avec une majorité de poissons et de coquillages et la présence de quelques restes de caprinés, bovinés domestiques et de gazelles (Desse, 1988 ;

Beech, 2000 ; 2003 ; Uerpmann et Uerpmann, 2000). Les caprinés et bovinés domestiques sont présents essentiellement sur les sites à l'intérieur des terres où ils représentent environ 95% des restes. Malheureusement, sur les sites omanais, le nombre d'études archéozoologiques est faible aussi bien pour le matériel ichtyologique que pour les mammifères. Néanmoins les restes osseux de chèvres et de bovins identifiés dans quelques sites semblent indiquer l'existence de l'élevage au 5e millénaire av. J.-C. (Cleuziou et Tosi, 1997).

Le 4e millénaire av. J.-C. est une période de transition pendant laquelle se mettent en place les premiers éléments d'organisation économique et sociale, avec l'intensification de l'exploitation des ressources locales (Charpentier, 1996) et des réseaux d'échange. La pêche se spécialise, elle est ciblée sur les espèces de grande taille (Beech, 2000). La présence de l'élevage est désormais incontestable dans les sites omanais (Cleuziou et Tosi, 1997).

2.3.2 L'Âge du Bronze

2.3.2.1 Le Bronze ancien

Période hafit (3100-2700 av. J.-C.*)*

La période hafit est caractérisée par la mise en place de l'agriculture en oasis et par le renforcement des échanges avec l'Iran du Sud-Est, la Mésopotamie et le Pakistan (Cleuziou et Tosi, 1997 ; Méry, 2000) attesté par la céramique et le cuivre. Cette culture s'étend de l'Ouest des EAU au Sultanat d'Oman.

L'agriculture se développe avec la culture des céréales (blé, orge, sorgho), du palmier dattier (Costantini et Audisio, 2001), des fruits et des légumineuses. L'élevage est dominant comme l'attestent les restes de bovidés et caprinés et malgré la persistance d'une chasse occasionnelle d'oiseaux et de gazelles. Dans les sites côtiers, la pêche, la collecte de mollusques et la consommation de dauphins et de tortues persistent (Bökönyi, 1992 ; 1993 ; Mosseri-Marlio, 2003).

Une des caractéristiques de la période hafit, est l'apparition de tombes sous cairns présentes par milliers dans la péninsule d'Oman (Cleuziou, 2001 et 2002). Elles sont localisées sur les terrasses d'oueds ou au sommet d'affleurements rocheux (**Fig. 15**). Elles sont construites en pierres sèches avec un à deux murs concentriques, formant des édifices circulaires de 4 à 8 m de

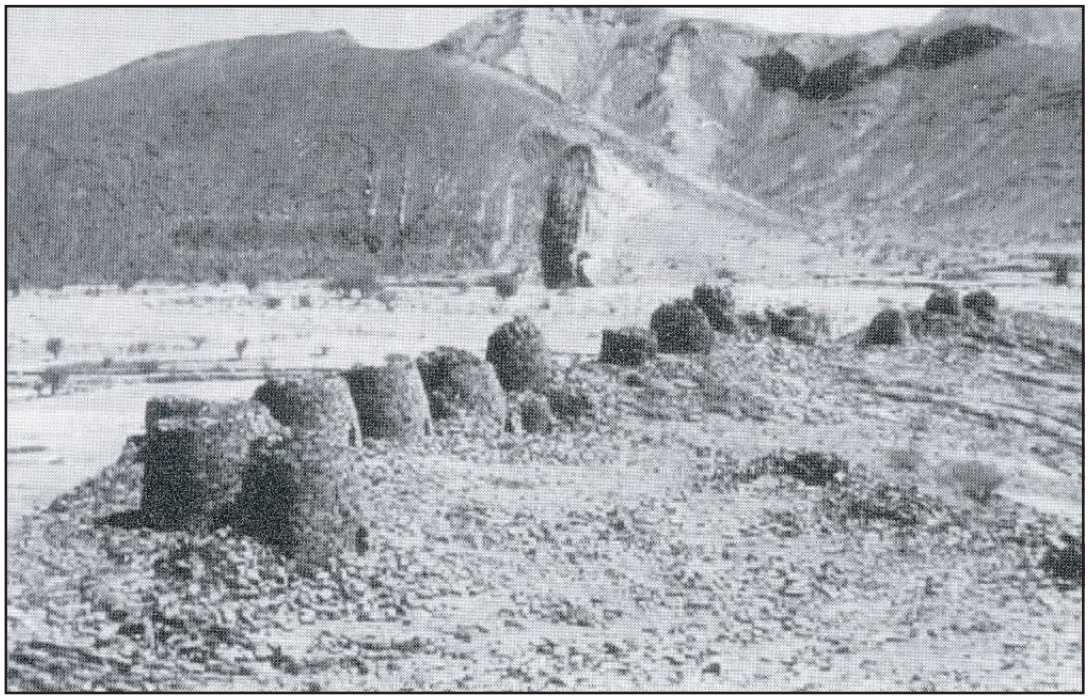


Figure 15 : Tombe hafit (Cairn de Wadi Ayn) d'environs 4 à 8 m de diamètre, localisés au sommet d'affleurement rocheux
(cliché de Serge Cleuziou)

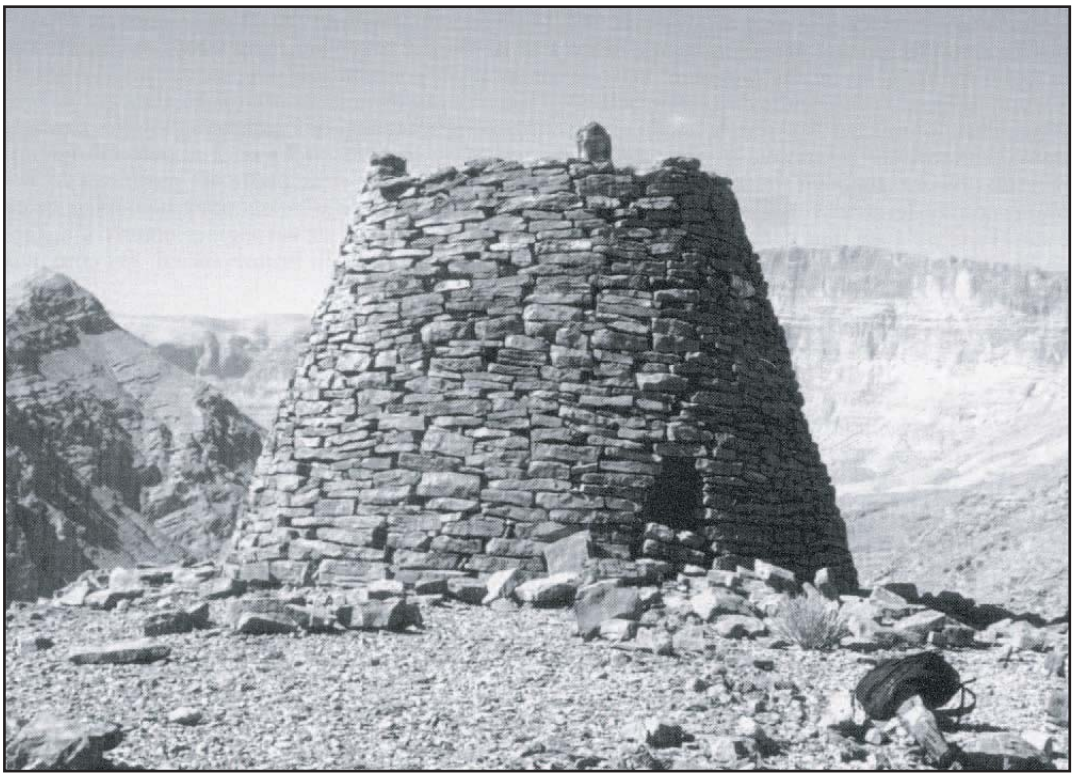


Figure 16 : Cairn hafit de HLM1 très bien conservé. Il est constitué de pierres sèches
(cliché de Serge Cleuziou)

diamètre (**Fig. 16**). La chambre interne fait en moyenne 2,5 m de diamètre, ouverte en encorbellement. L'entrée de la tombe peut être trapézoïdale ou triangulaire.

Ces sépultures contiennent jusqu'à trente individus. Les dépôts funéraires sont peu importants. Il s'agit de céramiques mésopotamiennes, d'éléments de parure comme des perles en coquilles, vertèbres de poissons, pierres tendres, métal, fritte[5] ou des anneaux en coquilles marines et des objets en cuivre tels que des aiguilles, rivets, spatules ou poignards. Actuellement en Oman il n'existe que deux sites de la période hafit (**Tab. 4)**.

Hafit (3100-2700 av. J.-C.)	Umm an-Nar (2700-2000 av. J.-C.)	Wadi-Suq (2000-1600 av. J.-C.)	Type de site	Références et mentions
Ra's al-Hadd 6 (HD 6)			Habitats	(Mosseri-Marlio, 2003)
Ra's al-Jinz 1 (RJ 1)	Ra's al-Jinz 1 (RJ 1)	Ra's al-Jinz 1 (RJ 1)	Habitats et sépultures	(Monchablon *et al.*, 2003)
	Ra's al-Jinz 2 (RJ 2)		Habitats	(Cleuziou et Tosi, 2000)
	Suwayh 3 (SWY 3)		Habitats	(Méry et Marquis, 1998 ; 1999 ; Méry et Charpentier, 2003)
	Ra's al-Hadd 1 (HD 1)		Habitats	(Charpentier, 2001)
	Ra's al-Hadd 5 (HD 5)		Habitats et sépultures	(Charpentier, 2001)

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des principaux sites côtiers omanais occupés à l'Âge du Bronze. Seul les sites ayant fait l'objet d'une publication ou d'une étude de matériel sont mentionnés.

Période Umm an-Nar (2700-2000 av. J.-C.*)*

La période Umm an-Nar présente une grande continuité avec la période hafit (Cleuziou, 2001). Il n'y a pas de grands bouleversements dans l'habitat ni dans l'économie. Les différences résident dans les pratiques funéraires. Les sépultures sont désormais regroupées en nécropoles, il s'agit d'inhumations collectives correspondant à une structuration de type tribale. Ainsi, une sépulture peut compter entre une dizaine, et plusieurs centaines d'individus. Ces tombes sont de constructions très différentes par rapport à la période précédente. Elles ne comportent qu'un mur extérieur formant un cercle de 5 à 15 m de diamètre, avec des compartiments internes, parfois sur deux niveaux (**Fig. 17 et 18**). Les dépôts funéraires sont plus diversifiés et plus importants, provenant parfois de régions éloignées comme l'Iran du Sud-Est pour la céramique ou bien la zone indo-pakistanaise pour les perles en cornaline et la céramique (Cleuziou et Tosi, 2000).

[5] Fritte : matière vitreuse artificielle de type faïence encore non analysée.

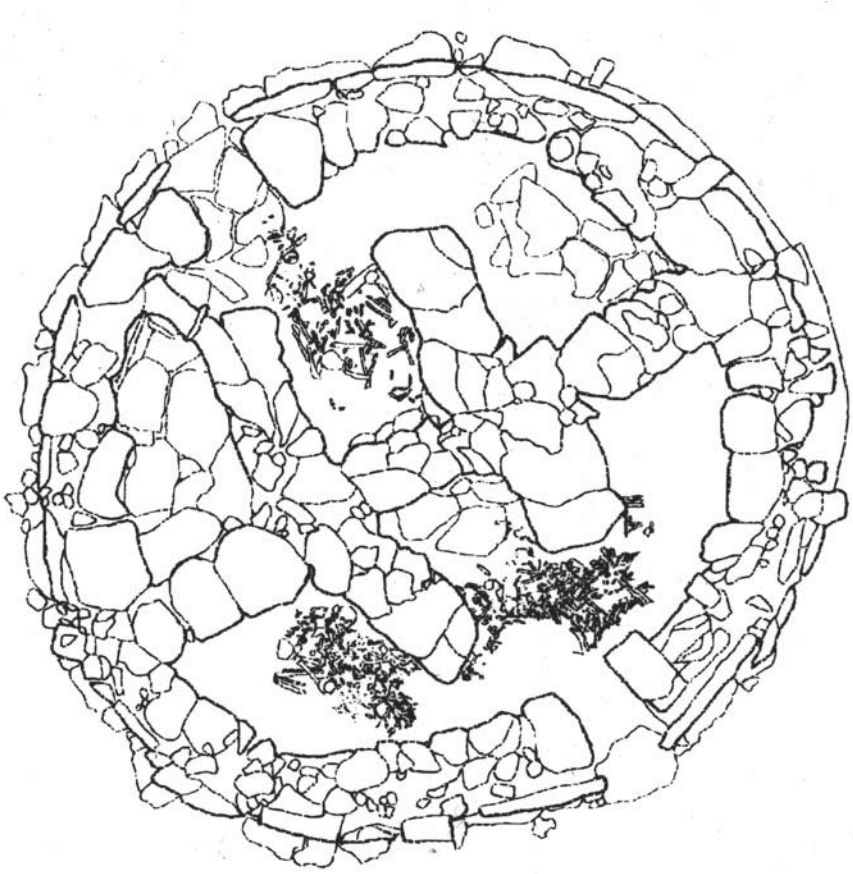


Figure 17 : Tombe Umm an-Nar de al-Sufouh (Abu Dhabi) 6 m de diamètre
(d'après Benson, 1996)

Figure 18 : Tombe A de type Umm an-Nar à Hili (Abu Dhabi)
(cliché Serge Cleuziou)

2.3.2.2 Le Bronze moyen (Période Wadi-Suq 2000-1600 av. J.-C.) et le Bronze récent (1600-1300 av. J.-C.)

La période Wadi-Suq se caractérise par des murs d'enceinte ou de défense ainsi que des sépultures individuelles et la persistance de quelques sépultures collectives de forme rectangulaire, creusées dans le sol, construites avec des blocs appareillés avec blocage interne de cailloux. Les pointes de flèches sont désormais en bronze avec des décors gravés (Cleuziou et Tosi, 2000). Le Bronze récent est très mal connu, son existence est parfois même contestée (Carter, 2003). En Oman, les sites de cette période sont très peu nombreux (**Tab. 4**).

2.3.3 Le travail de la coquille sur les sites du sultanat d'Oman

Le travail des coquillages est présent sur tous les sites omanais, aussi bien au Néolithique qu'à l'Âge du Bronze. Son étude, indissociable de celle des coquilles consommées, a été réalisée par Charpentier (1994 ; Charpentier *et al.*, 1997 ; Charpentier et Méry, 1997) afin de déceler et d'analyser les traces d'exploitation de cette matière première. Mais les coquilles qui attestent de cette activité ne représentent qu'une toute petite proportion des assemblages malacologiques. En étroite connexion avec les résultats obtenus par Charpentier, je souhaite présenter ici cette importante masse d'informations (**Tab. 5**).

	Espèces	**Utilisations**	**Références :**
Gastéropodes	*Ovula ovum* et *Cypraea* sp.	Labres perforés	(Charpentier, sous presse-b)
	Engina mendicaria	Perles perforées sur le dernier tour	(Charpentier, sous presse-b)
	Oliva bulbosa *Ancilla castanea*	Perles avec perforation de l'apex ou du dernier tour, la columelle est retirée	(Charpentier, sous presse-b)
	Pleurocopa trapezium	Plaques de bracelet composite et perles	(Charpentier, 1991 ; sous presse-a)
	Conus sp.	- plaques de bracelet composite - anneaux	(Charpentier, 1994)
	Strombus persicus	Anneaux	
	Autres petits gastéropodes	Perles	(Charpentier *et al.*, 2000)
Bivalves	*Amiantis umbonella* *Meretrix* sp.1	Outils avec tranchant sur le bord postérieur	(Charpentier *et al.*, 2004)
	Pinctada margaritifera	- hameçon - pendeloque - anneaux	(Charpentier et Méry, 1997)
	Chlamys towsendi	Contenants pour la cuisson	(Charpentier, sous presse-b)
	Anadara sp. *Glycymeris* sp.	Contenants pour le kohl[6]	(Charpentier, 1994 ; Cleuziou et Tosi, 2000)
Scaphopodes	*Dentalium* sp.	Perles	(Méry et Marquis, 1998)

Tableau 5 : Liste non exhaustive des espèces utilisées pour la manufacture d'objets sur les sites néolithiques et de l'Âge du Bronze en Oman.

[6] Matière noire utilisée comme cosmétique

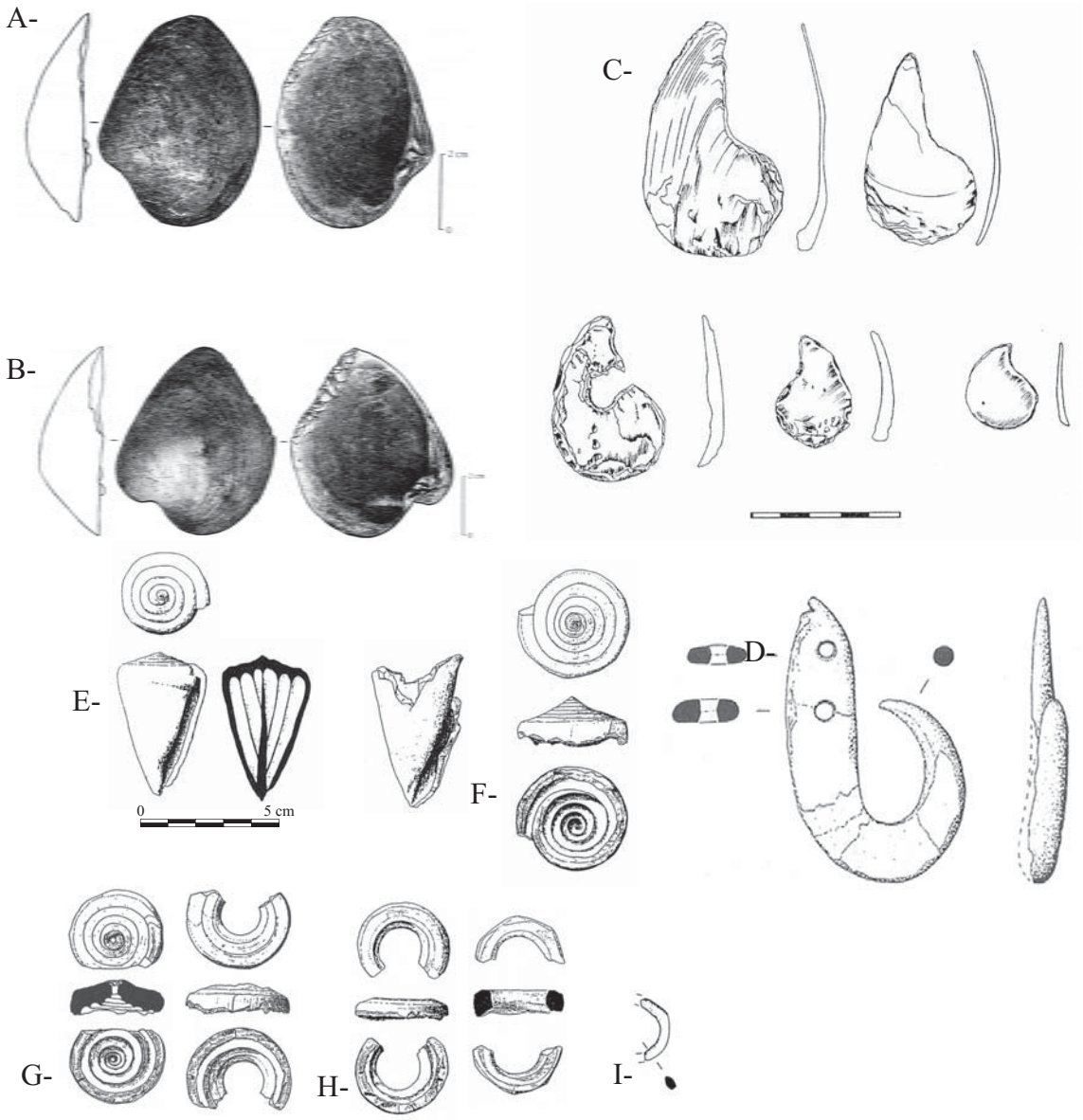


Figure 19 : Exemples d'utilisations de coquilles

A et B : Les utilisations de coquilles d'*Aminatis umbonella* ou *Meretrix* sp.1 comme coche, couteau ou racloir d'après Charpentier (2004).

A- Couteaux ou racloirs à bord rectiligne sur valve gauche de *Meretrix* sp.1, SWY 2 en surface (Oman, Néolithique, 3100-3500 av. J.-C.)

B- Couteau ou racloir à bord rectiligne sur valve gauche d'*Amiantis umbonella*, SWY 1 en surface (Oman, Néolithique, 4200 av. J.-C.)

(illustrations de G. Devilder)

C et D : Les différentes étapes de fabrication d'un hameçon en nacre à partir de la valve de *Pinctada margaritifera*.

C- Exemples de coquilles travaillées à différentes étapes de fabrication.
(site de Wadi-Shab, d'après Tosi et Usai, 2003 ; dessins F. Puerto/D. Usai)

D- Hameçon complet trouvé à Khor Milkh 1 (d'après Charpentier et Méry, 1997 ; dessins H. David)

E à I : Les différentes étapes de la chaîne opératoire de fabrication d'anneaux en *Conus* sp. d'après Charpentier (1993).

E - Coquille entière de *Conus* sp.

F- Phase 1 et 2

G- Phase 3

H- Phase 4

I- Phase 5

Les exemples présentés proviennent tous du site de RJ 2. (dessins H. David).

Les sites côtiers omanais entre le Néolithique et l'Âge du Bronze comportent tous des objets et de la parure en coquille. Excepté pour certaines espèces ramassées mortes sur la plage (*Chlamys towsendi*, *Pinctada margaritifera, Pleurocopa trapezium* et probablement *Oliva bulbosa*) et les petits mollusques (*Engina mendicaria, Dentalium* sp.), la plupart des coquillages utilisés pour la manufacture d'objets ont d'abord, et principalement, été collectés pour la consommation, comme l'indiquent les traces de fracturation caractéristiques liées à l'extraction de la chair (*Strombus persicus*, *Conus* sp., *Meretrix* sp.1 et *Amiantis umbonella*). Seul un petit nombre de coquilles de ces espèces a été réutilisé, après leur consommation, pour la confection d'objets.

La plupart des artefacts fabriqués à partir de coquilles marines a été réalisés à partir d'une dizaine d'espèces de mollusques marins. À ces espèces, s'ajoute toute une série de petits gastéropodes collectés vivants ou ramassés morts, puis simplement perforés pour servir de perle.

Il est possible d'observer des tendances dans le choix des coquilles utilisées pour la confection des perles, bracelets et hameçons en nacre.

Pendant le Néolithique, on remarque toute une série de petits gastéropodes qui ont été utilisés pour la confection de perles. La plupart ont été simplement perforés mais pour certains comme *Oliva bulbosa* et *Ancilla castanea*, la columelle a été retirée pour permettre le passage d'un fil. L'espèce *Engina mendicaria* a été particulièrement appréciée, on la retrouve sur tous les sites côtiers d'Oman pendant le Néolithique et à l'Âge du Bronze.

Dès le 5^{e} millénaire et pendant le 4^{e} millénaire av. J.-C., des hameçons pour la pêche sont réalisés à partir de la nacre des valves de *Pinctada margaritifera*. Cette espèce, à l'âge adulte, dispose de valves de grandes tailles. Les valves étaient découpées, puis les bords arrondis et affinés au moyen d'une lime en calcaire (**Fig. 19 et Tab. 6**). Par la suite, à l'Âge du Bronze, ces hameçons ont été réalisés en cuivre. La nacre de *Pinctada margaritifera* a aussi été utilisée pour la confection d'objets de parure pendant la même période.

Au Néolithique et à l'Âge du Bronze, les valves de certaines espèces de vénéridés (*Amiantis umbonella* et *Meretrix* sp.1 essentiellement) ont parfois été utilisées après leur consommation pour la fabrication d'outils tranchants de type racloir ou couteaux (Charpentier *et al.*, 2004). La partie postérieure et parfois une partie du bord ventral, ont été taillées par de petites retouches rasantes avec enlèvements courts, de type écailleux ou scalariforme, créant un tranchant rectiligne ou convexe (**Fig. 19 et Tab. 6**). Ce type d'outil a été trouvé dans les sites côtiers omanais à SWY 1, SWY 2, Ruwayz 10 et 13, au Yémen à Ra's Mujallab Heidi et

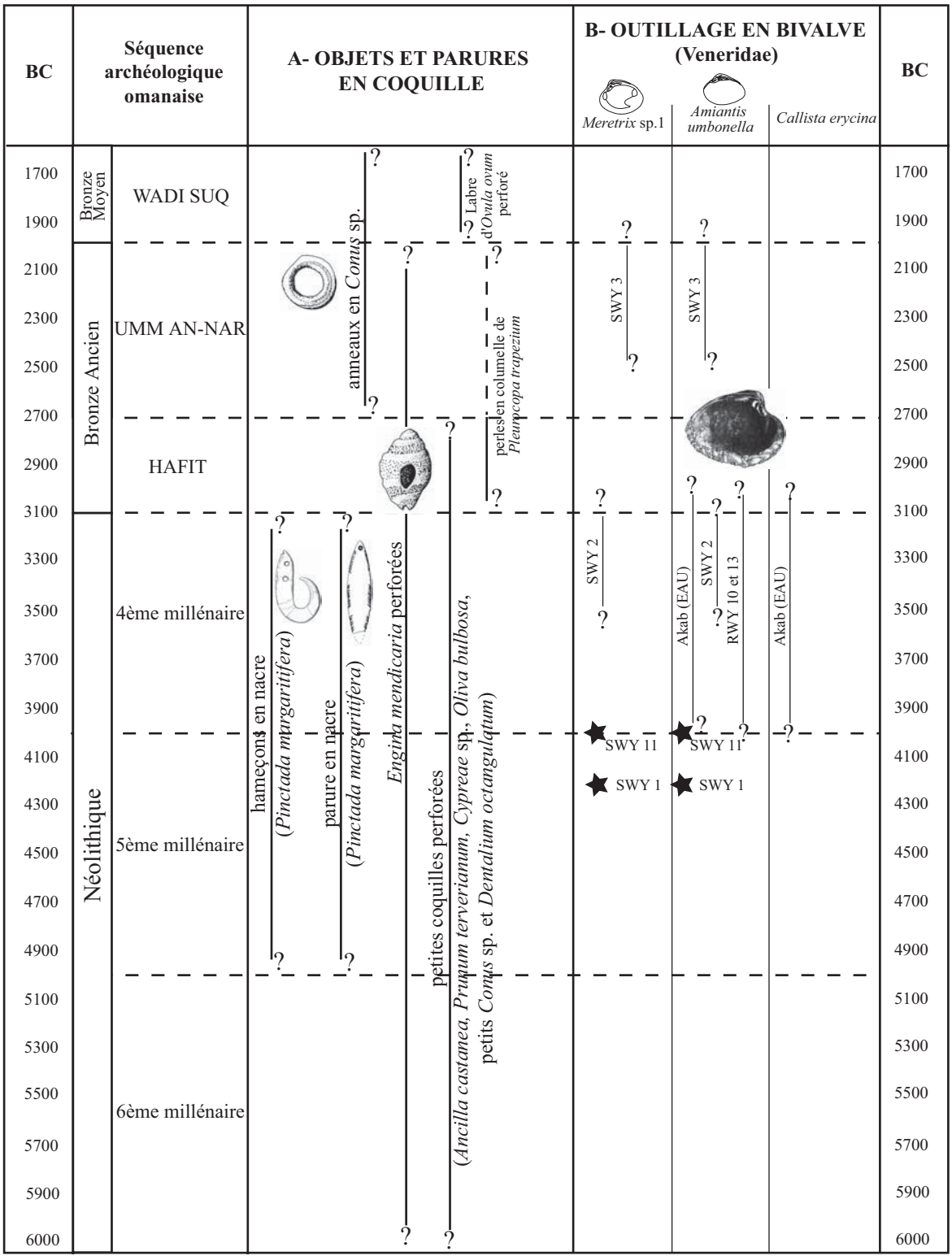


Tableau 6 : Chronologie approximative des différentes utilisations des coquilles sur les sites d'Oman et des Emirats arabes unis du Néolithique à l'Âge du Bronze.

A- Position chronologique des différentes espèces utilisées pour la réalisation d'objets et de parures en coquilles (d'après Charpentier, 1993, 1991 ;
Charpentier et al., 1997, 2000, 2003 ; Charpentier et Méry, 1997 ;
Cleuziou et Tosi, 2000 ; Méry et Charpentier, 2003 et Méry et Marquis, 1998)
illustrations H. David

B- Liste des sites comportant des outils réalisés à partir de valves de Veneridae.
Les espèces utilisées ainsi que la période d'occupation ou la date précise (étoile) correspondante sont aussi indiquées (d'après Charpentier et al., 2004).

aux Émirats à Akab entre la fin du 5e millénaire av. J.-C. et l'Âge du Bronze. La majorité des coquilles utilisées sont des valves gauches probablement du fait de la facilité de préhension, pour un droitier, engendrée par la forme de la coquille.

Les anneaux en *Conus* sp. étaient fabriqués pendant le Bronze Ancien et Moyen. La chaîne opératoire a été étudiée par Charpentier (1994). Les anneaux sont réalisés selon cinq étapes (**Fig. 19 et Tab. 6**).

Phase 1 : détachement du dernier tour de la columelle au moyen d'un percuteur avec utilisation d'une enclume.

Phase 2 : séparation de la partie supérieure par percussion sur enclume.

Phase 3 : perforation de l'apex par un mouvement circulaire sur la face interne puis sur la face externe.

Phase 4 : abrasion des bords afin de diminuer l'épaisseur en deux temps :

- abrasion par percussion posée oblique
- élimination des traces de la columelle et des sutures

Phase 5 : polissage des facettes afin d'obtenir une section hémisphérique.

D'autres espèces beaucoup moins répandues ont parfois été utilisées pendant l'Âge du Bronze pour fabriquer des perles, notamment la columelle de *Pleurocopa trapezium* ou bien le labre de l'espèce *Ovula ovum*.

Excepté pour certains bivalves comme les vénéridés, la plupart des coquilles utilisées pour la parure proviennent de mollusques morts ramassés roulés ou bien habités par des bernard-l'hermite. Pour les objets en nacre de *Pinctada margaritifera*, ils ont pu être réalisés à partir de valves de *Pinctada margaritifera,* ramassées mortes sur la plage, après de fortes marées. Cette espèce vit généralement en zone infralittorale ce qui implique, si l'animal est collecté vivant, une plongée à plusieurs mètres de profondeur.

Conclusion

La chronologie utilisée pour l'Oman met en évidence une évolution culturelle importante qui semble principalement liée à la position des sites mais aussi aux ressources alimentaires. En effet, pendant le Néolithique, les sites côtiers correspondraient principalement à des habitats de type campement de pêche fonctionnant probablement de manière saisonnière et complémentaire avec les sites de l'intérieur.

Puis, à l'Âge du Bronze, les sites côtiers seraient devenus des lieux importants pour les échanges commerciaux, grâce à leur position stratégique entre la Mésopotamie et l'Indus, les ressources marines sont alors beaucoup moins exploitées par les populations.

Une des problématiques importantes de ces sites archéologiques est l'alimentation. Quelles sont les stratégies alimentaires de ces populations ? La position de ces sites est elle liée aux ressources alimentaires disponibles ?

À partir de l'étude du matériel malacologique de certains de ces sites, je tenterai d'établir l'importance de cette ressource alimentaire et les choix de collecte, effectués par ces populations. J'essayerai d'établir les stratégies de collecte en fonction de la localisation des sites et de l'environnement proche, ainsi que l'évolution de cette collecte du Néolithique à l'Âge du Bronze.

La question du mode de fonctionnement des sites côtiers est primordiale dans la compréhension de ces habitats, en particulier pendant le Néolithique. C'est ce que je tenterai d'établir à partir de l'étude sclérochronologique des opercules de l'espèce *Lunella coronata*, afin de déterminer la période de collecte de ces mollusques.

PARTIE B : LES ASSEMBLAGES MALACOLOGIQUES

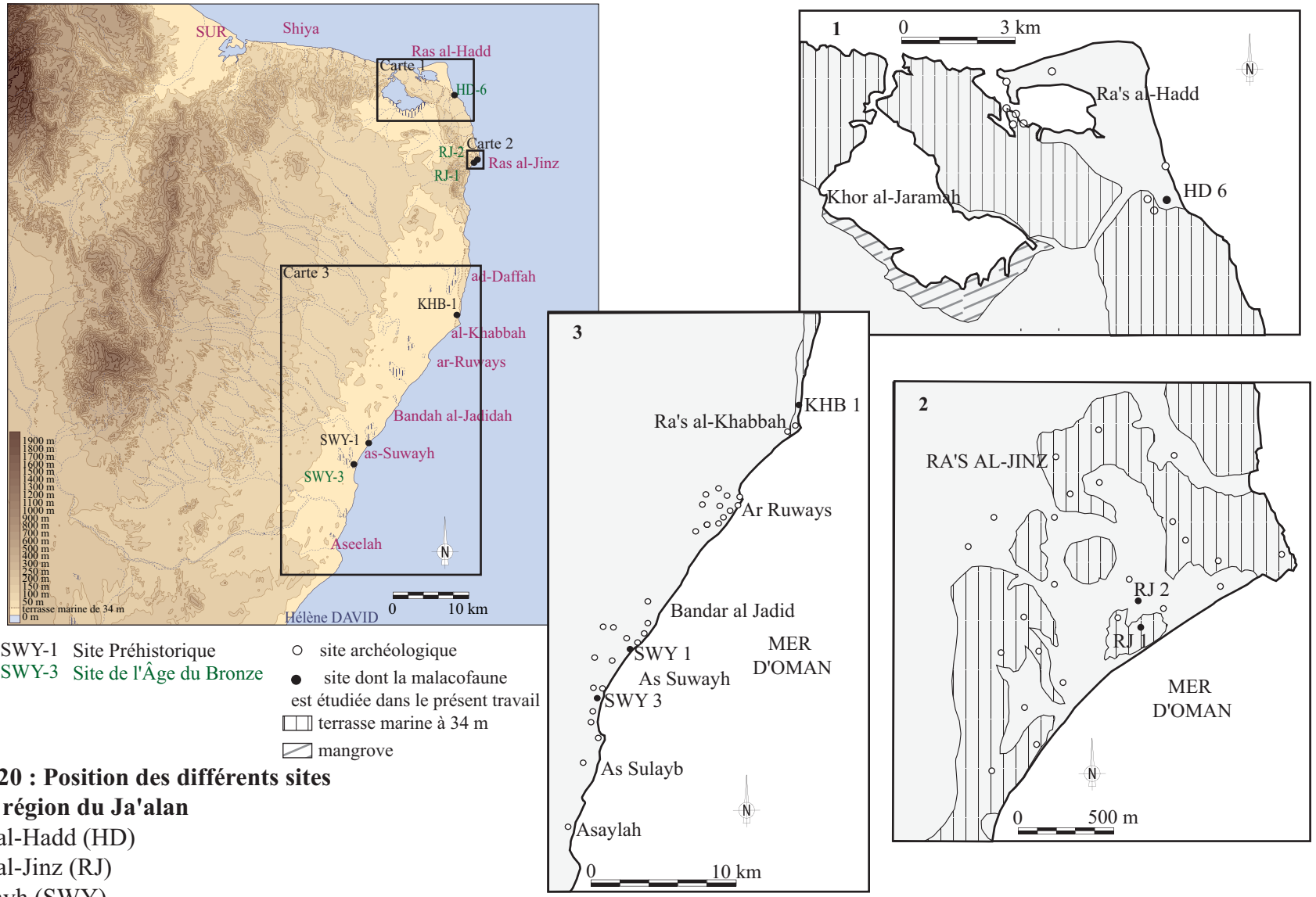


Figure 20 : Position des différents sites dans la région du Ja'alan

1- Ra's al-Hadd (HD)

2- Ra's al-Jinz (RJ)

3- Suwayh (SWY)

3 Les assemblages malacologiques

Les assemblages malacologiques étudiés dans cette thèse sont de deux types : ceux qui proviennent d'un contexte archéologique et sont des restes de consommation humaine, et les assemblages naturels qui proviennent de sondages effectués en contexte naturel. La localisation géographique de ces sites est essentielle dans la compréhension des stratégies de collecte des mollusques marins, celles-ci étant étroitement liées à l'environnement à proximité. C'est pour cette raison que j'ai choisi de présenter chacun de ces sites en fonction de sa position le long de la côte du Ja'alan, avec les zones autour du village de Suwayh, de Ra's al-Khabbah, Ra's al-Jinz et Ra's al-Hadd.

Ces sites sont composés de coquilles dont la densité et la répartition varient en fonction du site et de la période d'occupation. Plusieurs auteurs ont tenté de définir une typologie de ces assemblages coquilliers. Ces typologies sont réalisées à partir de :

-l'association ou non d'artefacts (Claassen, 1998)

-la morphologie du dépôt (en fosse ou en relief) et de la quantité (du plus grand au plus petit : amas, dépôt ou lit de coquilles ; Dupond,2003).

Ces typologies sont adaptées aux régions d'étude des auteurs (Amérique du Nord pour Claassen et façade Atlantique pour Dupond). Elles sont difficilement applicables pour l'Oman. Ainsi pour le Néolithique omanais, j'observe pour les sites côtiers, de fortes quantités de coquilles, associée à des artefacts, sous la forme d'amas pour Suwayh 1 et de dépôts pour KHB 1. À l'Âge du Bronze, les accumulation se présentent sous diverses formes, en petites quantités éparpillées sur toute la surface ou concentrées autour des foyers.

3.1 Le choix des sites archéologiques

En Oman, de nombreux sites ont fait l'objet de fouilles archéologiques (Cleuziou et Tosi, 1997). Pour ce travail, j'ai fait le choix de centrer l'étude sur plusieurs sites allant du Néolithique à l'Âge du Bronze moyen (inclus) et fouillés dans le cadre du « *Joint Hadd Project* » (**Fig. 20**). Depuis le début des fouilles archéologiques en Oman, tout le matériel archéologique a été stocké au Ministère de la Culture et de l'Héritage à Mascate. Parfois issu de fouilles anciennes, il est souvent assez difficile à replacer dans son contexte stratigraphique. Aussi, seuls les sites récemment fouillés ont été étudiés.

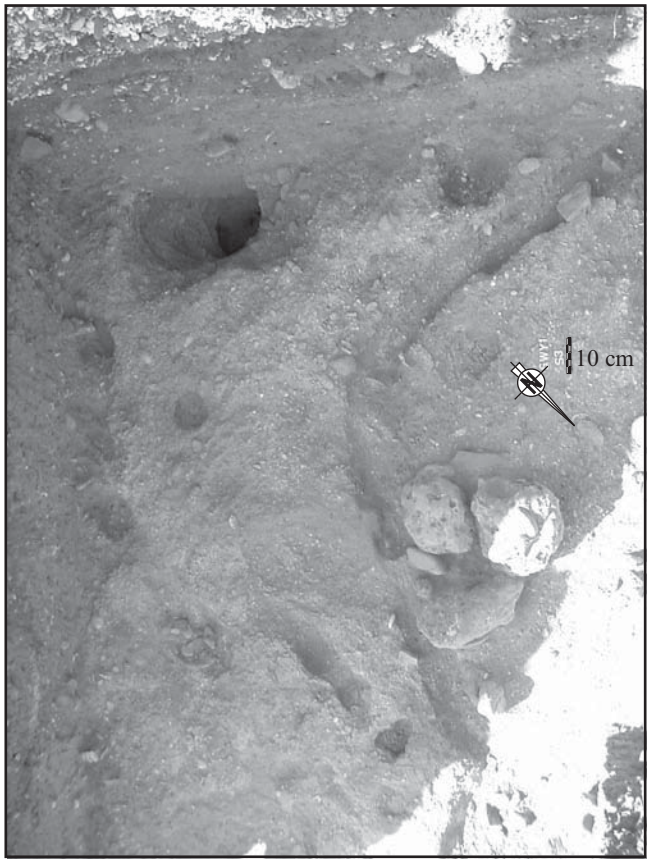


Figure 21 : Zone ouverte sur le site de SWY 1 pendant la campagne de fouille de 2004 (US 33) (cliché Chloé Martin)

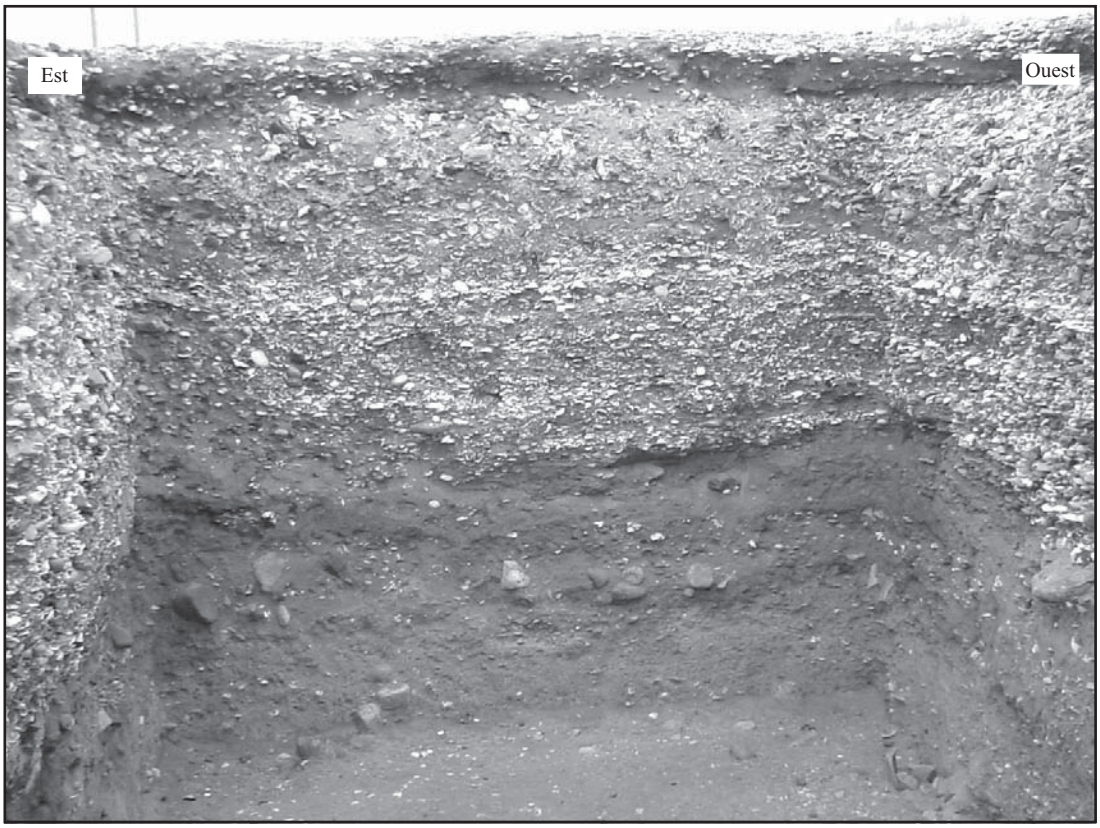


Figure 22 : Stratigraphie du sondage de SWY 1 d'environ 2 m de profondeur (cliché Chloé Martin)

Les caractéristiques géomorphologiques et écologiques de ces sites ont présidé à leur choix (**Fig. 20**) : deux sites RJ 1 et RJ 2 en zone rocheuse, deux SWY 1 et SWY 3 en zone sableuse et enfin deux autres HD 6 et KHB 1 combinant ces deux types de milieu.

L'avancement des diverses études de ces sites est inégal. Ainsi le site de RJ 2, le premier fouillé dans le cadre du *Joint Hadd Project*, a fait l'objet d'études environnementales et archéozoologiques, contrairement aux autres, qui sont encore en cours d'étude.

3.2 Autour du village de Suwayh

3.2.1 Le site de Suwayh 1 (SWY 1)

SWY 1 est localisé dans la région du Ja'alan, à proximité de la mer. L'environnement immédiat se compose de dunes et de sebkha. Le site s'étend sur une surface d'environ 2,5 hectares avec un remplissage de 2 m d'épaisseur. Il a été en partie détruit lors de la construction de l'école du village. Les premières fouilles débutèrent en 2000 et se prolongèrent en 2001 et 2004, sous la direction de Vincent Charpentier (Charpentier *et al.*, 2003).

Le site comporte de nombreux trous de poteaux indiquant la présence de plusieurs structures circulaires d'environ 2,5 m de diamètre (**Fig. 21**). Le matériel associé à ces structures est présent en grande quantité. Il s'agit d'outillages liés à l'activité de pêche tels que des hameçons en nacre, des limes en calcaire (Charpentier *et al.*, 2003), des poinçons en os, des poids de filets à rainures et encoches mais aussi des dents de requins perforées et abrasées utilisées comme armatures de pointes de flèche. L'activité de pêche était essentielle, comme en témoignent les nombreux restes de poissons, des hameçons en nacre fabriqués à partir de coquilles de *Pinctada margaritifera* (Charpentier *et al.*, 2000) ainsi que des poids de filets en pierre.

À la surface du site quatre sépultures ont été dégagées. Elles datent de la fin du 5^{e} millénaire av. J.-C. et contiennent des dépôts funéraires assez pauvres tels que des perles en coquille ou en stéatite, des poids de filets en pierre, un fragment de pyrolusite et une perle fine perforée. Le tamisage des sépultures 1 et 2 a révélé la présence d'un métacarpien droit d'un grand chien (Charpentier *et al.*, 2003).

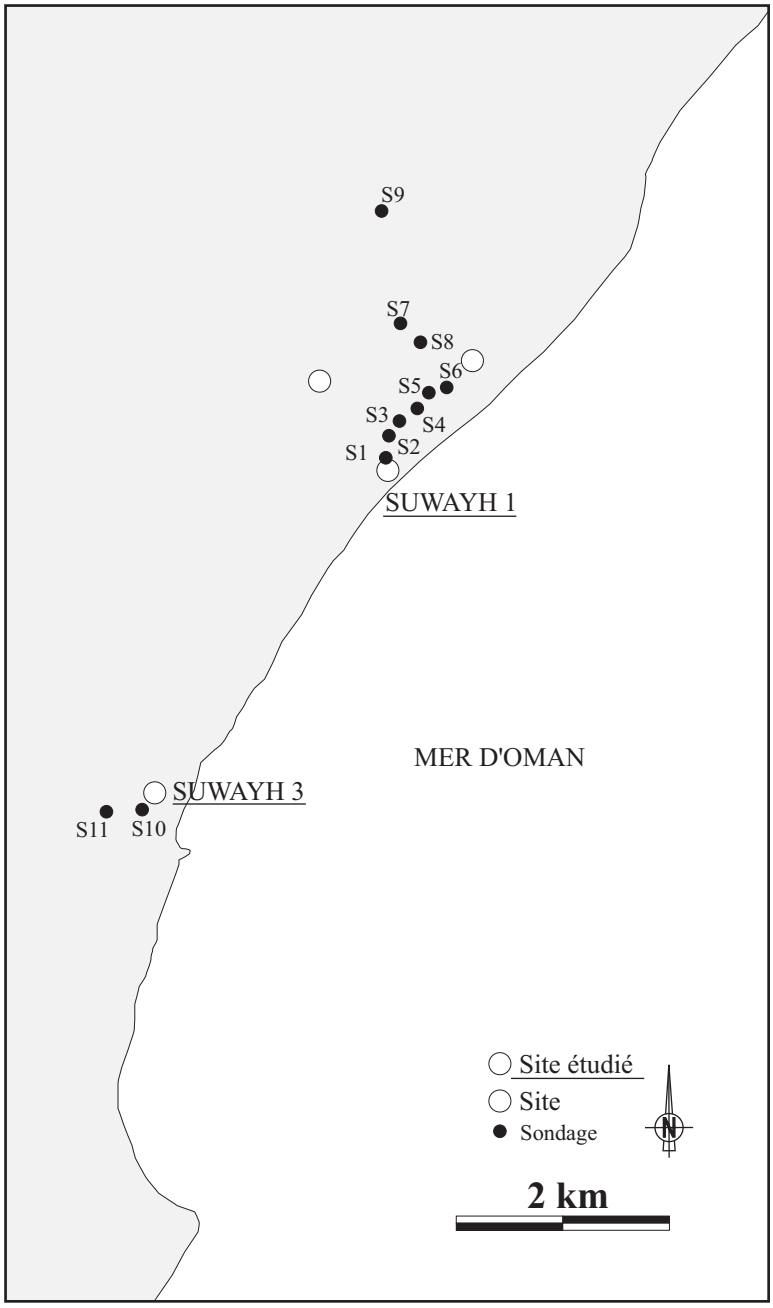


Figure 23 : Position des sondages hors sites dans la zone de Suwayh

Le sondage a été effectué au centre du site, dans une zone où la stratigraphie semblait très dilatée et très riche en matériel (**Fig. 22**). Il fait 2,10 m de profondeur et comprend 29 niveaux archéologiques. Afin de prélever un maximum de restes coquilliers, la totalité du sédiment a été tamisé à sec sur une maille de 3 à 4 mm, permettant ainsi de récupérer la totalité des fragments de coquilles.

Des datations ^{14}C ont été effectuées sur les restes coquilliers de quatre niveaux du sondage, elles permettent de dater l'US 2 à 4329-4232 BC cal., l'US 6 à 4604-4429 BC cal., l'US 12 à 4898-4617 BC cal. et l'US 22 à 5320-5238 BC cal. (Charpentier *et al.*, 2003 ; 2004).

L'étude du matériel a été effectuée en partie sur place, l'autre partie a été étudiée à Paris, au Muséum national d'Histoire naturelle. Face à un volume très important de matériel, il est apparu nécessaire d'effectuer un sous échantillonnage des coquilles. Ainsi, pour les bivalves de la famille des Veneridae, majoritaires sur le site, j'ai choisi de ne conserver que les fragments qui comportent au moins les trois quarts de la charnière. De même, face à la très grande quantité et à la forte fragmentation des coquilles d'huître (*Ostrea* sp.), j'ai fait le choix de ne pas effectuer de décompte mais de les peser.

3.2.2 Les sondages hors site

Pendant la campagne de fouille 2000-2001, plusieurs sondages ont été effectués à proximité des sites de SWY 1 et SWY 3, au bulldozer, dans la zone de sebkha. Le but de ce travail était principalement de réaliser une étude géologique de cette zone et de comprendre l'évolution de la lagune, de son apparition à sa disparition. Parmi le matériel malacologique étudié, peu de niveaux correspondent à la phase d'occupation des sites de SWY 1 et SWY 3, ils permettent néanmoins une meilleure compréhension des modifications du milieu lagunaire.

Une première série de six sondages, numérotés S1 à S6 a été exécutée entre le site de Suwayh 1 et Suwayh 2 (**Fig. 23**). Trois autres sont plus éloignés de la côte, dans la sebkha et numérotés S7, S8 et S9 et deux à proximité du site de Suwayh 3, S10 et S11. Seuls les sondages 1, 2, 3, 4, 5, 7 et 9 seront commentés, décrits et le détail de l'analyse malacologique présenté en **Annexe 10**.

Les études géologiques et micromorphologiques de Jean-François Berger (non publiées) ont permis de définir plusieurs phases sédimentologiques mettant en évidence la corrélation des évènements de la lagune entre les différents sondages.

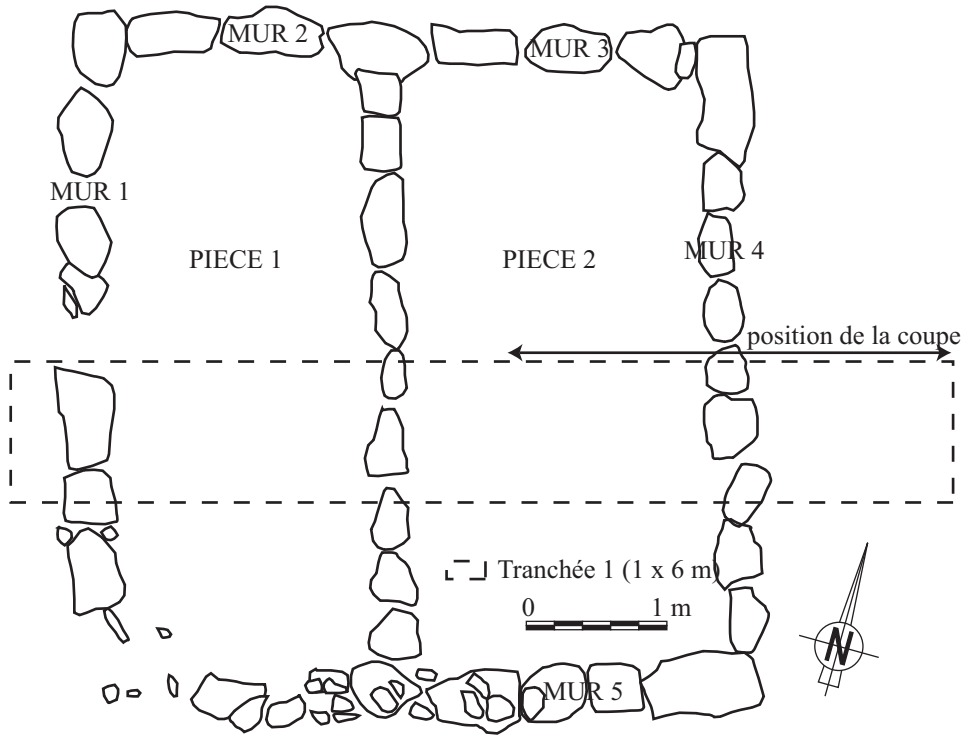


Figure 24 : Plan du bâtiment 1 du site de SWY 3 avec position de la tranchée et de la coupe (d'après Méry, 1998)

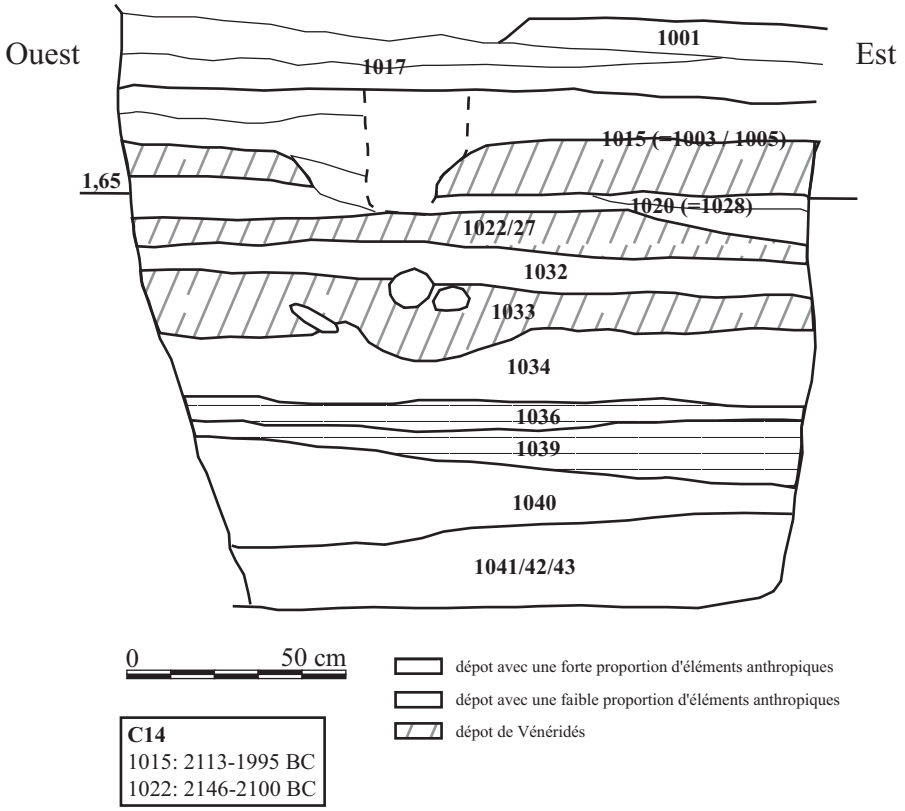


Figure 25 : Coupe stratigraphique de la tranchée 1 de SWY 3
(d'après Méry, 1998)

3.2.3 Le site de Suwayh 3 (SWY 3)

SWY 3 est un site d'environ 1 ha, actuellement localisé à 800 m de la mer. Il fut découvert en 1988 par J.-C. Plaziat lors d'une prospection dans le cadre du *Joint Hadd Project*. La fouille a été effectuée au cours de deux campagnes 1996-97 et 1997-98, sous la direction de Sophie Méry et Philippe Marquis (Méry et Marquis, 1998 ; 1999). Il a été occupé du 5e au 2e millénaire av. J.-C., la principale période d'occupation étant le Wadi-Suq.

Le comblement sédimentaire anthropique est épais de 2 m. Le bâtiment en pierre (**Fig. 24**), daté de la période Umm an-Nar, est visible à la surface du site. De forme presque carrée, il mesure 5,1 m sur 5 m de côté avec des murs de 40 cm d'épaisseur. Il est divisé en deux pièces de formes équivalentes (8 m²). La structure n'a pas de fondation (**Fig. 24**). Le matériel associé est composé de nombreux fragments d'outils en cuivre, d'une pointe de lance ainsi que de tessons de céramique. Une tranchée (**Fig. 25**) a été effectuée dans les niveaux sous le bâtiment 1. Elle est datée de la fin du 3e millénaire av. J.-C. en surface et est supposée être du 4e millénaire à sa base. Parmi le matériel archéozoologique, les restes de poissons sont majoritaires ; néanmoins, on trouve aussi des os de gazelles, de caprinés et d'ânes (détermination de M. Mashkour, inédit).

Le matériel étudié provient du sondage : des échantillons de 27 litres ont été tamisés à l'eau sur une maille de 5 mm (Méry et Marquis, 1998 ; 1999). Les unités stratigraphiques utilisées pour l'étude du sondage (**Tab. 7**) ont été numérotées de 1 à 10 de la plus ancienne à la plus récente, afin de faciliter la lecture des données. Seules les coquilles entières ont été collectées et conservées, ce qui explique la faible quantité de restes. Ce site entre dans la catégorie des amas coquilliers, puisque la majorité du sédiment se compose de fragments de tests. Deux dates réalisées à partir d'échantillons d'*Amiantis umbonella* pour les US 1015 et 1020 ont permis de situer ces US vers 2132-1977 BC cal pour l'US 1015 (Pa 1775) et 2177-2033 pour l'US 1020 (Pa 1677).

US	numérotation
1017	10
1003-1005-1015-1018	9
1020-1028	8
1022-1027	7
1032	6
1033	5
1036	4
1039	3
1040	2
1041-1042-1043	1

Tableau 7 : Unités stratigraphiques de SWY 3 et leurs équivalences dans la numérotation utilisée pour ce travail.

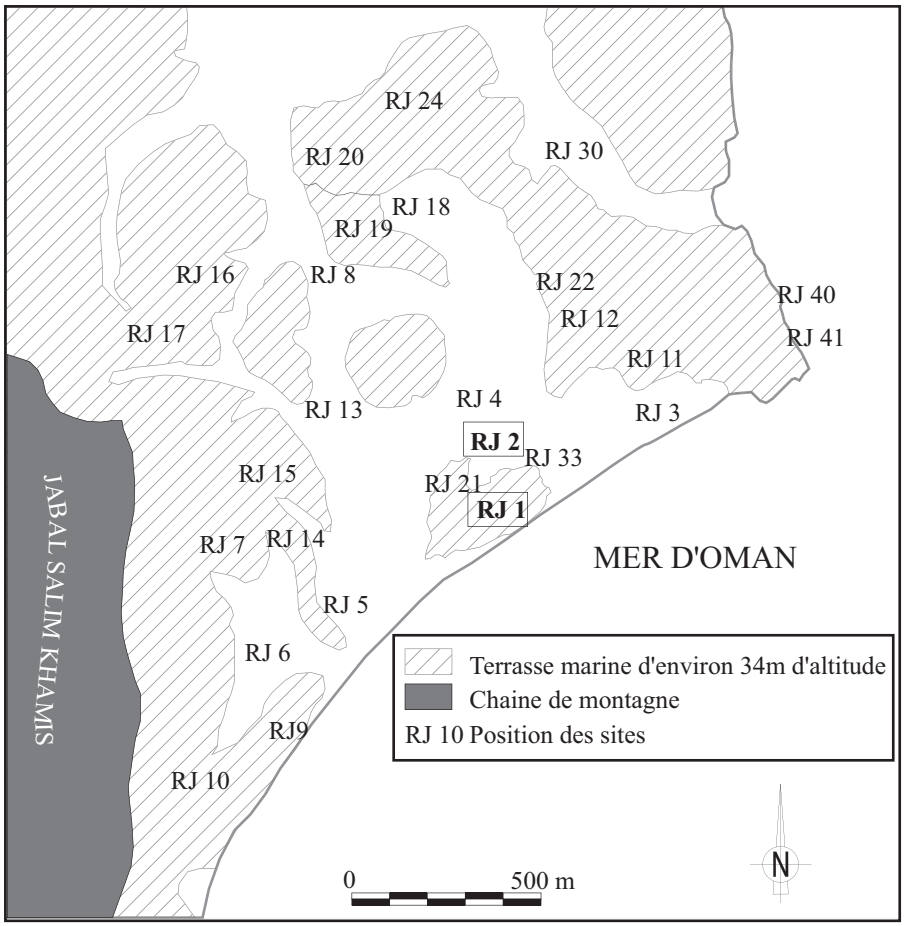


Figure 26 : Position des sites de RJ 1 et 2 dans la zone de Ra's al-Jinz
(d'après Cleuziou et Tosi, 2000)

3.3 Ra's al-Khabbah 1 (KHB 1)

KHB 1 est implanté sur une terrasse d'abrasion marine d'environ 34 m d'altitude, située entre la mer et une sebkha. Il fut malheureusement détruit en partie par la mise en place d'une ligne électrique et la construction d'une route. Le matériel étudié provient des fouilles effectuées pendant les campagnes de 1998-99 et 1999-2000 et dirigées par Enrico Giannitrapani (1999 ; 2000). Les dates ^{14}C suggèrent une occupation du site à la fin du 4^{e} millénaire av. J.-C. mais la campagne de fouille de 2002-2003 semble indiquer une occupation plus ancienne, probablement du 5^{e} millénaire av. J.-C. à la base du remplissage.

Les restes coquilliers étudiés ont été obtenus suite à un tamisage à sec systématique des sédiments avec une maille d'environ 2 mm. L'assemblage a été étudié sur place pendant la campagne 2001-2002, chaque reste étant décompté, décrit et identifié. Malheureusement, il n'a pas été possible d'obtenir la répartition et la chronologie des unités stratigraphiques. Les restes coquilliers n'ont donc pas pu être étudiés phase par phase. Ils permettent néanmoins d'obtenir une vision très générale de l'environnement et de la consommation des coquillages pendant tout le 4^{e} millénaire av. J.-C.

3.4 Les assemblages archéologiques de Ra's al-Jinz (RJ 2 et RJ 1)

Ra's al-Jinz est un petit village bordé de falaises et de plages sableuses. Cette zone comprend une quarantaine de sites archéologiques reconnus correspondant à plusieurs périodes d'occupation (**Fig. 26**). Deux de ces sites ont été pris en compte dans ce travail, Ra's al-Jinz 1 et Ra's al-Jinz 2 dont l'étude avait débuté dans le cadre de mon mémoire de DEA (Martin, 2000).

3.4.1 Ra's al-Jinz 2 (ou RJ 2)

Le site de RJ 2 fut découvert en 1981 par Maurizio Tosi. Les fouilles débutèrent en 1985 et durèrent jusqu'en 1998. Elles furent effectuées par une équipe franco-italienne dirigée par Serge Cleuziou et Maurizio Tosi, dans le cadre du *Joint Hadd Project* (Cleuziou et Tosi, 2000).

RJ 2 comprend quatre phases numérotées de I à IV, la I étant la plus ancienne.

La période I n'a pas livré de céramique mais plusieurs trous de poteaux et des fosses creusés directement dans la roche. Cette période date du 4^{e} millénaire av. J.-C. (Cleuziou S. et Tosi, 2000) et est suivie d'une période d'abandon avant la phase II.

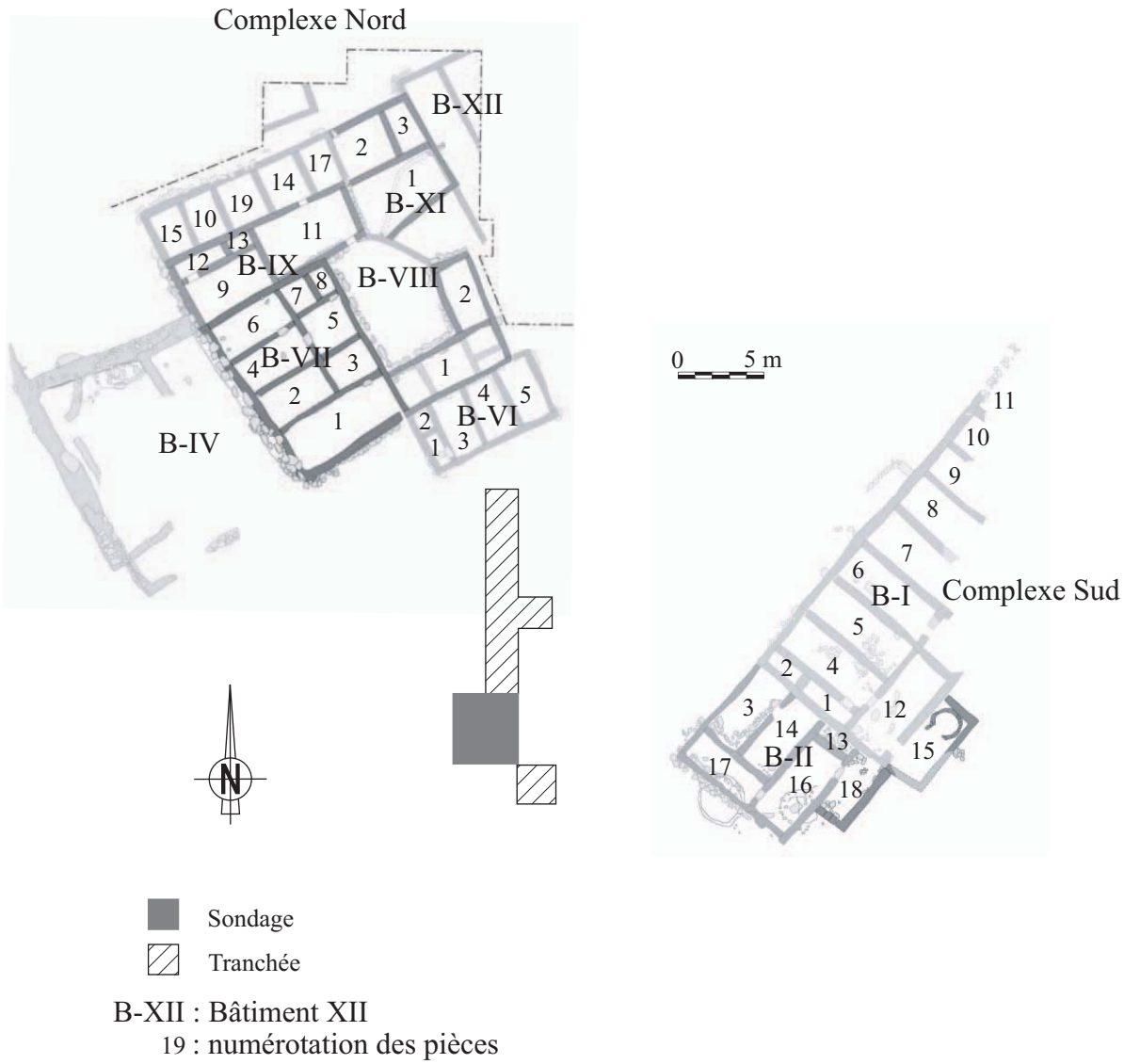


Figure 27 : Plan du site de RJ 2 avec la position des complexes nord et sud comprenant plusieurs bâtiments. Les échantillons malacologiques étudiés dans le cadre de ce travail proviennent du sondage et de la tranchée entre les deux complexes. (dessin Hélène David)

La période II correspond à la première occupation des bâtiments du complexe situés au sud du site, entre 2500-2300 av. J.-C. (Cleuziou et Tosi, 2000). La découverte de tessons de céramique appartenant à la culture indo-pakistanaise harappéenne permet de la situer entre 2500 et 2250 av. J.-C.

La période III voit la construction du complexe nord et comprend les dernières phases d'occupation du complexe sud entre 2300-2100 av. J.-C. (Cleuziou et Tosi, 2000).

La période IV est caractérisée par la construction du bâtiment IV qui recouvre partiellement le complexe nord. C'est durant cette période que les bâtiments I et II ont été abandonnés. Cette période correspond à la fin du III^{e} millénaire, entre 2100 et 2000 av. J.-C., juste avant la période Wadi Suq.

Les dates ^{14}C disponibles pour le site sont au nombre de six, et ne concernent que les périodes III et I (**Tab. 8**).

Période	Echantillon	N° labo	BP	Déviation standard	BC cal.
Période III	charbon bois	Beta25903	3760	80	2291-2036
Période III	coquille (*Perna picta*)	Beta25905	3820	90	2458-2138
Période III	charbon bois	Beta73913	3790	70	2306-2070
Période I	coquille	Beta30301	5370	200	4440-3973
Période I	charbon bois	PRL1659	4990	100	3942-3667
Période I	charbon bois	PRL1658	4430	60	3311-2923

Tableau 8 : Datations ^{14}C obtenues à RJ 2 à partir d'échantillons de coquilles et de charbons de bois.

Le complexe sud : bâtiments I et II (**Fig. 27**)

Le bâtiment I présente plusieurs pièces, numérotées de 1 à 11 et alignées le long d'un mur de 20 m de long en l'état. Notons que la pièce 2 semble avoir eue une fonction de stockage. Elle contenait des plaques de bitume mais aussi des fragments de pyrolusite qui étaient probablement utilisés comme cosmétique (Cleuziou et Tosi, 2000), des outils en silex et des coquilles entières (non travaillées) de *Fasciolaria trapezium* (Cleuziou et Tosi, 2000). Les pièces des bâtiments I et II contenaient de nombreux os de poissons, plus particulièrement des os du crâne et des nageoires. Ainsi la plupart des pièces dénotent une activité fonctionnelle de stockage ou de fabrication d'objets, telle que la production de bagues obtenues à partir de coquilles de *Conus* sp. Certaines coquilles servaient de contenant à la pyrolusite.

Cinq inhumations d'enfants, probablement des nouveau-nés, sont présentes dans ce complexe. Elles sont situées dans les pièces 2, 5, 7, 11 et 14 et correspondent au début de la

période III. Dans les pièces 2 et 11, les corps ont été déposés dans des jarres. Il n'y a pas de mobilier associé à ces inhumations, excepté pour celle de la pièce 7, où a été retrouvé un collier composé de 21 perles cylindriques en fritte et de 20 en chlorite ou stéatite.

Le complexe nord : bâtiments IV à XII (**Fig. 27**) (Cleuziou et Tosi, 2000)

Le complexe nord comprend sept bâtiments, occupés pendant les périodes III et IV.

Période III : Le bâtiment VI présente aussi du matériel de pêche avec des poids de filets et des traces évidentes de travail de coquilles en *Conus* sp. et *Pinctada margaritifera* plus particulièrement localisées dans la pièce 4. Ce type de matériel, témoignant des activités de pêche et d'une industrie de la parure, se retrouve dans d'autres pièces. Le bâtiment VII contient des restes de coquilles de *Conus* sp. et de *Pinctada margaritifera* travaillées, ainsi que des poids de filets. Dans le bâtiment IX, la pièce 9 comprend un véritable atelier de manufacture d'objets en coquille accompagnés des outils en silex et en pierre qui participent à cette fabrication.

Période IV : le bâtiment IV collé au mur du bâtiment VII marque la fin de l'occupation et correspond à la phase IV du site.

Une analyse archéobotanique a été effectuée (Nisbet, 1990). Ainsi 42 fragments de charbons ont été recueillis sur le site de RJ 1, structure 5 et 89 pour RJ 2. On trouve dans les deux cas la présence *d'Acacia* sp. et de *Tamarix* sp. en majorité, ainsi que *Rhus* sp. et *Zizyphus* sp. Quelques graines sont aussi présentes, il s'agit de graines de dattes et de noyaux de jujubes probablement consommés, et des graines d'*Acacia* sp., *Tamarix* sp. *et Rhus* sp. qui montrent une collecte dans la zone littorale (*Acacia sp.* et *Rhus sp.*) ainsi que dans le lit des oueds (*Tamarix* sp. et *Zizyphus* sp.).

Une étude archéozoologique menée par Bökönyi (1992 ; 1993) montre que les os de poisson représentent 67% des restes déterminés sur un total de 12554 (**Tab. 9**). On trouve ensuite 27% de reptiles avec une grande majorité d'os de tortue verte (*Chelonia mydas*). Cette espèce était une proie facile pour ces populations. En effet, aujourd'hui encore, elle vient pondre ses œufs toute l'année sur les plages d'Oman. L'importance de ce « gibier » se retrouve dans les tombes de Ra's al-Hamra 5 où des crânes de tortues étaient parfois déposés sur la tête du mort. Certaines tombes semblent même avoir été recouvertes d'une carapace ; les offrandes alimentaires se composaient de poissons, de coquillages, de tortues (Salvatori, 1996) et de mammifères domestiques (Uerpmann et Uerpmann, 2000).

Parmi les os de mammifères, 126 restes proviennent de mammifères marins, principalement de dauphins commun (*Delphinus delphis*). Les os de mammifères terrestres sont peu nombreux (570 restes). Il s'agit en grande partie d'animaux domestiques : mouton (*Ovis aries*), chèvre (*Capra hircus*), bœuf (*Bos taurus*) et chien (*Canis familiaris*). Les animaux sauvages sont représentés par une gazelle (*Gazella* sp.), le loup (*Canis lupus*) et le renard (*Vulpes vulpes* et *Vulpes rüppelli*). Les rongeurs sont aussi présents avec le rat noir (*Rattus rattus*) et un plus petit muridé (*Mastomys* sp.). Les présences de la poule *(Gallus domesticus)* et du rat noir *(Rattus rattus)* pourraient être les plus anciennes preuves de la présence de ces deux espèces sur la côte est de la péninsule Arabique.

		TAXONS	NR	%
MAMMIFERES	TERRESTRE	*Bos taurus* L.	7	0.06
		Ovis aries L.	12	0.10
		Capra hircus L.	42	0.33
		Capra aegagrus (?)	1	0.01
		Ovis/Capra	236	1.88
		Gazella sp.	9	0.07
		Ovis/Capra/Gazella	74	0.59
		Equus asinus L.	19	0.15
		Vulpes vulpes L.	4	0.03
		Vulpes rüppelli	1	0.01
		Canis familiaris L.	28	0.22
		Canis lupus L.	8	0.06
		Rattus rattus L.	3	0.02
		Mastomys sp.	1	0.01
		Rodentia	123	0.98
		TOTAL	**568**	**4.53**
	MARIN	Cetaceae	3	0.02
		Delphinus delphis L.	21	0.17
		Mammifères marins	102	0.81
		TOTAL	**126**	**1.00**

	TAXONS	NR	%
	Anas sp.	4	0.03
	Larus cf. *ridibundus* L.	2	0.02
	Larus cf. *schistisagus*	1	0.01
	Larus sp.	1	0.01
OISEAUX	*Phalacrocorax carbo* L.	1	0.01
	Strix aluco L.	1	0.01
	Gallus domesticus L. (?)	1	0.01
	Aves	30	0.24
	TOTAL	**41**	**0.33**
	Ophidia	14	0.11
REPTILES	*Chelonia midas*	3431	27.33
	TOTAL	**3445**	**27.45**
	Selachii	51	0.41
POISSONS	poisson	8318	66.27
	TOTAL	**8369**	**66.67**
CRUSTACES	*Potamon* sp.	3	0.02
	TOTAL	**3**	**0.02**
TOTAL		12552	**100**

Tableau 9 : Répartition des restes étudiés, excepté les restes malacologiques, par S. Bökönyi (1992 et 1993) à RJ 2.

Des études préliminaires effectuées par Desse (Cleuziou et Tosi, 2000) montrent que de nombreux poissons pêchés étaient de grande taille, principalement des thons. À Ra's al-Jinz, beaucoup d'objets témoignent de cette activité, tels que des hameçons et des poids de filet, généralement associés à de nombreux restes de poissons. Les poids de filet sont de forme circulaire, en pierre locale, avec une ligne piquetée qui fait le tour de l'objet. Les hameçons sont en cuivre, avec une grande variété de tailles allant de 2 à 10 cm.

La prédominance des restes de poissons, de tortues vertes et de mammifères marins atteste nettement de l'importance des ressources marines dans l'alimentation. À RJ 2, les restes

provenant d'animaux marins représentent 95% du nombre de restes. À cela, il faut ajouter les nombreuses coquilles marines.

Les restes malacologiques étudiés proviennent d'un sondage effectué pendant la campagne de fouille de 1993-1994 (**Fig. 27** ; Laurenza, 1994). Il est localisé au centre du site, entre les complexes sud et nord, et occupe une zone comprenant quatre carrés de 2 m de côté (carrés QHO/QIK/QHT/QIP) sur une épaisseur d'environ 1,80 m. Il est divisé en 30 US. Cette fouille avait pour but de vérifier la présence ou l'absence de structures au centre du site et d'obtenir une vision chronologique de l'occupation du site. Les trois premières périodes d'occupation du site sont représentées dans le sondage.

La période I du site comporte des négatifs de trous de poteaux et de fosses situés sous la couche 6020 et directement creusés dans la roche. Le dépôt est composé d'une couche de sable noir et de cendres (couche 6021) compactes, associée à un matériel abondant comme des outils en silex, perles en coquilles, pendentifs mais sans aucun fragment de cuivre ni de céramique.

La période II est représentée par les US 6016 (couche de sable gris), 6019, 6020 et 6022 (sable gris noir en couches plus ou moins épaisses et compactes). Ces US contenaient des fragments de tessons harappéens, des pointes de cuivres ainsi que des graines de dattes confirmant leur consommation.

La période III englobe de nombreuses US : les US 6000 à 6003 comportent une sédimentation naturelle importante avec des niveaux de colluvions de sables éoliens. Elles présentent des fragments de vestiges anthropiques : morceaux de briques, coquilles, os de poissons, tessons et un fragment d'hameçon en cuivre très érodé. Plusieurs foyers ont été découverts, beaucoup contenaient des fragments de coquilles et des os de poissons brûlés incorporés dans un sédiment noirâtre (US 6004, 6005, 6008, 6009, 6010, 6015). Le matériel archéologique de cette période est très abondant avec des bagues en cuivre, un sceau rectangulaire, des os de poissons dont certains identifiés comme *Thunnus albacores*. Des structures circulaires composées de pierres de différentes tailles et formes, parfois brûlées, ont été interprétées comme des plates-formes de fumage pour le poisson. Ce type de structures semble se retrouver plusieurs fois pendant la période III.

Sur les 30 US du sondage, seules 16 ont été étudiées. Parmi elles, 10 ont pu être prises en compte dans cette étude, les 6 autres présentant un nombre de restes insuffisant (US 6004, 6008, 6009, 6011, 6014 et 6015).

En 1997-98, le sondage a été relié aux bâtiments du complexe nord par une tranchée de 2 m de large effectuée sous la direction de Diego Angelucci (non publié). Elle a permis d'établir l'évolution stratigraphique et l'appartenance des diverses unités de fouilles aux différentes périodes définies sur le site. Aussi, des US appartenant à la tranchée ont été associées aux unités stratigraphiques du sondage.

Le **tableau 10** présente les différentes US du sondage, des plus récentes aux plus anciennes et les différentes US équivalentes appartenant à la tranchée. La période du site correspondante a également été précisée.

US de la tranchée	US du sondage équivalent	Période du site	
6062 / 6064 / 6043	6001	III	2300-2000 av. J.-C.
6045	6003	III	
6054	6006	III	
6060	6007	III	
6065	6016	II	2500-2250 av. J.-C.
6069 / 6074 / 6079	6020	II	

Tableau 10 : Unités stratigraphiques de RJ 2 dont le matériel a été étudié et correspondant à la chronostratigraphie.

Notons qu'entre les US 6021 de la période I et 6020 de la période II, cette partie du site a connu une période d'abandon.

Les coquilles de mollusques ont été obtenus suite à un tamisage avec une maille comprise entre 4 et 5 mm. Cette maille est suffisante pour récupérer les fragments de coquilles consommés par ces populations. La grande majorité du matériel a été étudiée en France dans le cadre de mon mémoire de DEA (Martin, 2000).

3.4.2 Ra’s al-Jinz 1, Structure 3 (RJ 1)

Le site de Ra’s al-Jinz 1 comporte plusieurs structures localisées sur une plate-forme rocheuse et dispersées sur toute la surface. Elles correspondent à des occupations qui s’étendent du 4^{e} millénaire av. J.-C. à l’Âge du Bronze moyen.

La structure 3 est composée d’une pièce sub-rectangulaire de 4 m² ouverte au sud, avec plusieurs structures semi-circulaires adjacentes côté nord/ouest et nord/est. Une des pièces à l’est semble avoir été utilisée comme atelier de travail de coquilles de *Conus* sp.

Pour ce travail, le matériel provient de la structure 3 (**Fig. 28**) fouillée pendant la campagne 2000-2001 sous la direction de Serge Cleuziou. Cette structure est datée du Wadi-Suq et les niveaux inférieurs correspondent à une occupation de 2000 ans environ.

La stratigraphie de ce site est extrêmement complexe. Sur une vingtaine de centimètres sont représentés plusieurs niveaux d'occupations entre le 4ème millénaire av. J.-C. et le Bronze moyen.

Les restes coquilliers proviennent des zones 1200, 1300, 900, 300 et 100. Ils ont été obtenus suite à un tamisage avec une maille de 2 à 3 mm, effectué sur la totalité du sédiment (Monchablon *et al*., 2003).

3.5 Ra's al-Hadd 6 (HD 6)

Le site de HD 6 est localisé à proximité de la ville de Ra's al-Hadd, à quelques mètres de la mer, dans une zone que l'on appelle aussi «*Ardyah»*. Le matériel étudié provient de la campagne de fouille 1999-2000, dirigée par Maurizio Cattani et Enrico Menghi. Pendant cette campagne, deux zones ont été fouillées, l'une, dirigée par Maurizio Cattani, était centrée sur les bâtiments, l'autre, dirigée par Enrico Menghi était un sondage en périphérie des bâtiments. Peu de dates ^{14}C ont été obtenues pour ce site. Néanmoins le matériel semble indiquer une occupation pendant toute la période Hafit avec une date pour l'US 17 sur un échantillon de coquille d'*Amiantis umbonella* situant l'occupation vers 3040-2892 BC cal (Pa 1719).

Une étude archéozoologique a été effectuée par Mosseri-Marlio (2003) à partir du matériel provenant des fouilles de 1988, 1989 et 1995, uniquement sur les os de tortues et de cétacés (**Tab. 11**). Ces espèces ont été consommées comme l'indiquent les traces de boucherie visibles sur certains os (**Tab. 11**).

	NRd	Poids (g)	Nombre de traces de boucheries
Tortues marines	2033	7931	12
Dauphins (*Delphinus delphis, Stenella longirostris, Stenella attenuata, Tursiops truncatus)*	290	958	1
Total	2323	8889	13

Tableau 11 : Nombre de restes déterminés (ou NRd), poids (g) et traces de boucherie sur les restes de tortues marines et de dauphins sur le site de HD 6. Le matériel provient des campagnes de fouilles de 1988, 1989 et 1995. (D'après Mosseri-Marlio, 2003)

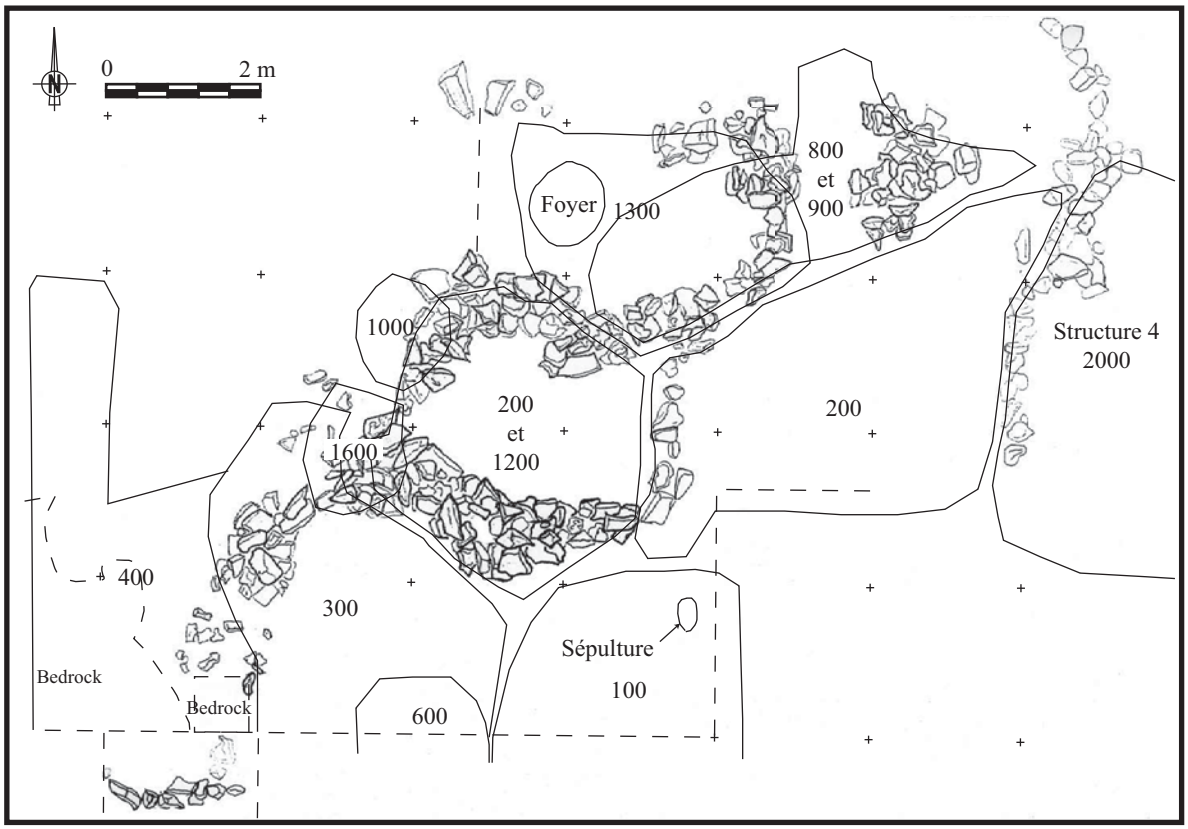


Figure 28 : Plan de la structure 3 de RJ 1 avec la position des unités stratigraphiques
(relevé de terrain)

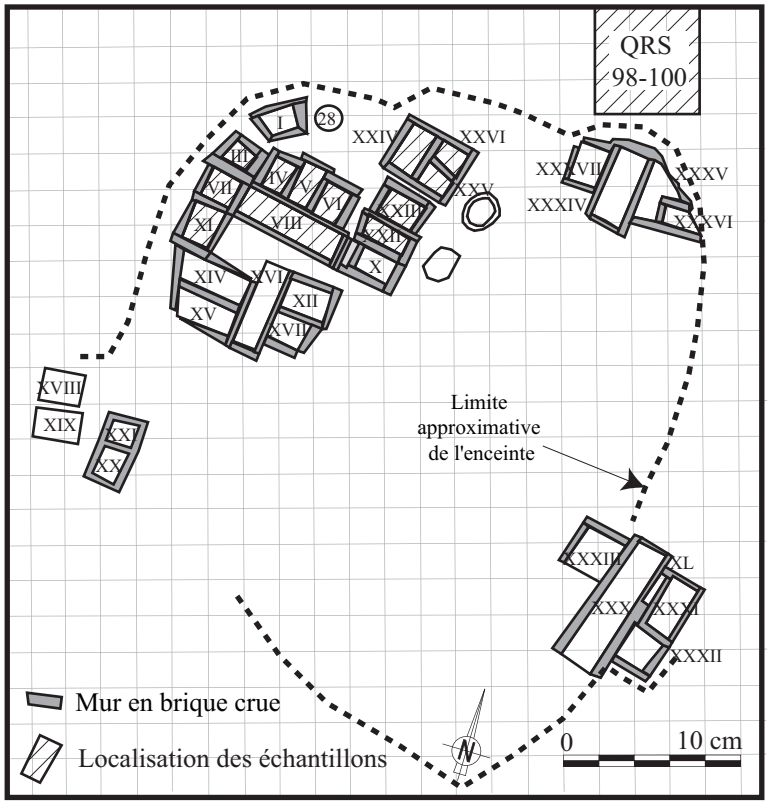


Figure 29 : Plan du site de HD 6 avec localisation des échantillons
(relevé Maurizio Cattani)

Le sondage pris en compte ici est localisé dans les carrés QRS 98-101 au Nord du site. Il fait 8,5 m de long sur 2 m de large (**Fig. 29**). Les restes coquilliers ont été obtenus suite à un tamisage systématique du sédiment à sec avec une maille comprise entre 2 et 3 mm.

Les sites archéologiques présentés pour cette étude permettent d'obtenir une vision chronologique du Néolithique à l'Âge du Bronze. Au Néolithique à SWY 1 et KHB 1, les structures d'habitat correspondent à des maisons circulaires composées de trous de poteaux et la céramique est absente du matériel. L'Âge du Bronze est marqué par l'apparition de structures d'habitat construites en brique crue (HD 6, RJ 2) ou en pierre (SWY 3, RJ 1).

Sur la plupart de ces sites, la question de la représentation temporelle de chaque unité stratigraphique peut se poser. À SWY 1, l'accumulation sédimentaire est composée d'une succession de niveaux d'habitat sans périodes d'abandon visibles. Il est difficile d'évaluer quel temps s'est écoulé dans et entre chaque US. Plusieurs US ont pu être datées et situent l'occupation du site entre 5320-5238 BC cal et 4329-4232 BC cal.? Pour KHB 1 aucune datation n'est pour l'instant disponible mais le matériel associé permet de situer l'occupation au 4ème millénaire av. J.-C. La stratigraphie est peu importante, seulement 2 à 3 niveaux d'occupation sont visibles. La même question se pose pour les sites de l'Âge du Bronze, où la stratigraphie est généralement très complexe, plusieurs millénaires peuvent être représentés par seulement quelques centimètres d'accumulation. Le site de SWY 1 est donc le seul qui présente une accumulation de niveaux archéologiques riche en matériel avec une succession d'occupation sur une très longue période et sur plusieurs mètres de sédiment. Néanmoins on ne peut considérer ces accumulations comme une occupation linéaire, malgré l'absence de niveaux stériles entre les couches archéologiques.

La majorité des datations présentées pour ces sites ont été effectuées par Saliège (Saliège et Cleuziou, à paraître) à partir d'échantillons de coquilles marines, essentiellement des bivalves de type vénéridés et des turbinidés. Ce type de support implique des méthodes de calibration particulières, avec un calcul de « l'effet réservoir », l'équilibre isotopique du ^{14}C étant différent en milieu marin et entraînant un vieillissement des datations d'environ 400 ans qui peut différer en fonction des mers. Des données récentes (Saliège et Cleuziou, à paraître) semblent indiquer une accentuation de ce phénomène pendant l'optimum holocène.

Ces différents assemblages malacologiques, qu'ils soient archéologiques ou naturels permettent d'obtenir une vision de l'environnement mais aussi des choix et des stratégies de collecte de ces populations. Malgré des méthodes de prélèvement disparates en raison de l'utilisation de maille de tamisage variant entre 1 et 5 mm, les échantillons sont suffisamment importants et significatifs pour permettre des interprétations d'ordre anthropique ou environnemental.

PARTIE C : LA MALACOFAUNE DES COTES DU JA'ALAN

Cette partie a pour objectif de présenter un référentiel écologique actuel des espèces rencontrées dans ce travail ainsi que quelques exemples ethnologiques actuels de collecte de certains de ces coquillages. L'écologie des espèces est présentée suivant quatre principaux milieux, rocheux, vaseux, sableux et la mangrove. Pour les exemples ethnographiques, seuls seront présentés ceux qui proviennent de la péninsule Arabique et du nord de l'Australie. Dans ces deux régions, on observe actuellement, chez les populations locales, des habitudes de collecte des mêmes espèces de coquillages que sur les sites archéologiques.

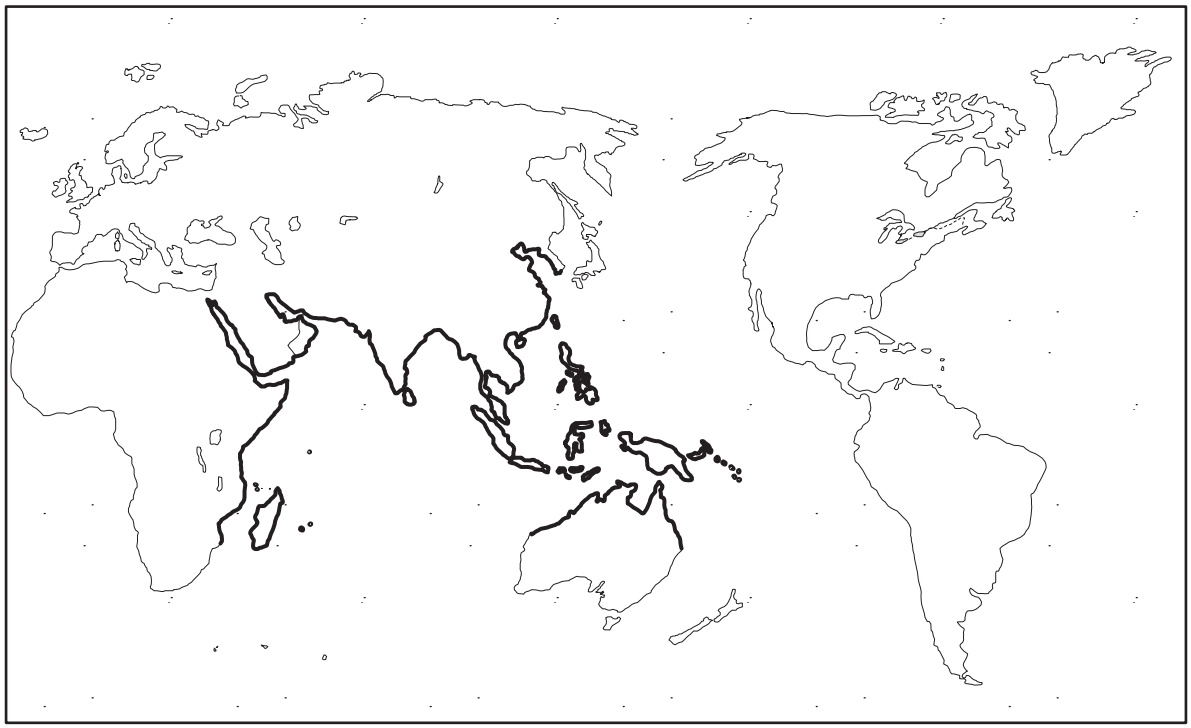


Figure 30 : Localisation des littoraux de la zone Indo-Pacifique.
d'après Salvat B. et Rives C., 1991 modifié

4 Les malacofaunes du sultanat d'Oman

Il existe plus d'une quinzaine de provinces biogéographiques marines dans le monde. Elles se définissent par un certain nombre d'espèces communes à toute la province. Les taxons étudiés pour les sites archéologiques omanais proviennent tous de la province indo-pacifique (Pérèz, 1982 ; Sheppard *et al.*, 1992). Les espèces vivant dans cette zone ne peuvent pas survivre dans des eaux dont la température moyenne est inférieure à 21°C.

Cette province est délimitée par les tropiques du Cancer et du Capricorne et de la mer Rouge à l'île de Pâques (**Fig. 30**). Elle comprend l'océan Indien et l'océan Pacifique mais aussi certaines régions comme la mer Rouge, le golfe Arabo-Persique et la mer de Chine orientale.

Pour décrire les milieux écologiques exploités, je me suis appuyée sur la valence écologique actuelle des différentes espèces malacologiques trouvées dans les assemblages archéologiques. Je décrirai ici les caractéristiques écologiques de ces espèces et anticiperai sur mes résultats de manière à présenter dans cette partie les espèces trouvées sur les sites archéologiques. Quatre milieux différents ont été distingués : rocheux, vaseux, sableux et la mangrove. À chacun d'eux correspondent des faunes et des écosystèmes particuliers. Cette partie a pour but de présenter sommairement la diversité spécifique de la malacofaune, dans la zone indo-pacifique, plus particulièrement en Oman, dans la région du Ja'alan. L'écologie des espèces retrouvées sur les sites archéologiques sera particulièrement développée.

4.1 Diversité spécifique

La diversité taxonomique de la province indo-pacifique est très difficile à évaluer (Bouchet *et al.*, 2002), le milieu marin étant d'une manière générale beaucoup moins étudié que le milieu terrestre. Actuellement, on estime à 274 000 le nombre d'espèces marines, c'est-à-dire seulement 14,7% des 1868 millions d'espèces animales répertoriées au niveau mondial. Cette évaluation sous-estime largement la diversité spécifique du milieu marin comme le montre l'étude de Grassle et Maciolek (1992 cités dans Bouchet *et al.*, 2002) qui estime à 10 millions le nombre d'espèces d'invertébrés marins de haute mer. Ce manque de données s'accentue en fonction de la position géographique ; ainsi les mers d'Europe, d'Amérique du Nord, de Nouvelle-Zélande et du Nord-Est africain ont été beaucoup plus étudiées que les mers des tropiques. Dans le cas des mollusques marins de la province indo-pacifique, une étude récente

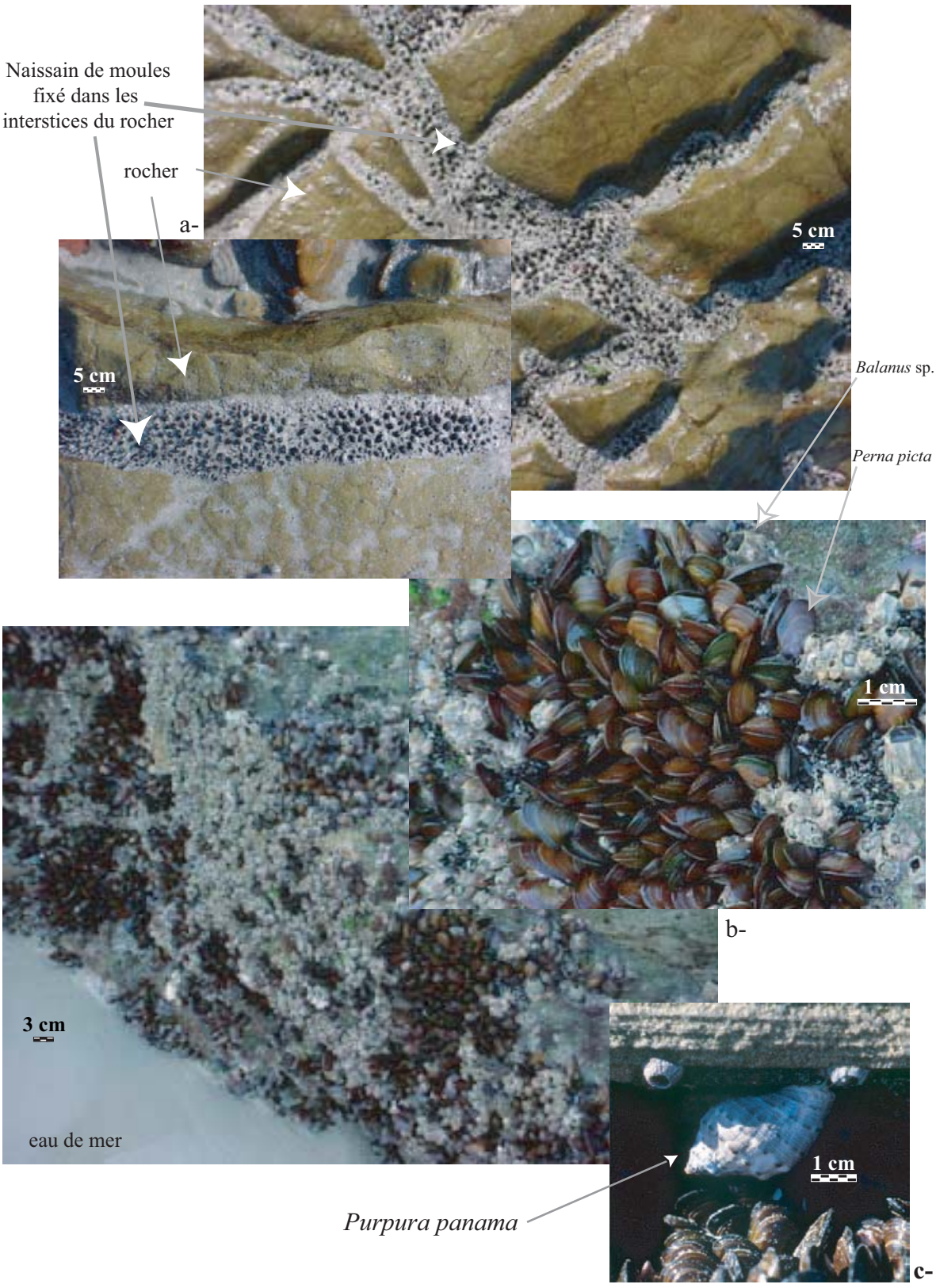


Figure 31 : Banc de moules (*Perna picta*)
a- Naissain de moules (colonie récente), ici il s'agit de petites larves tout juste fixées dans les interstices du rocher
b- colonie importante de moules associée à des balanes (*Balanus* sp.)
c- *Purpura panama* est un des principaux prédateurs des moules et des balanes, on le trouve généralement à proximité des bancs de moules.
clichés C. Martin

(Bouchet *et al.*, 2002) menée sur la côte ouest de la Nouvelle-Calédonie a mis en évidence la présence de 2738 espèces nouvelles. La province indo-pacifique étant la plus grande et celle qui possède la plus grande richesse spécifique (8000 à 10000 espèces), il est probable que de nombreuses espèces n'ont pas encore été décrites.

Ces lacunes dans la systématique des mollusques marins de la province indo-pacifique sont encore plus accentuées lorsqu'on considère la période holocène. Plusieurs espèces ont actuellement disparu de certaines régions, d'autres appartenant à d'autres provinces ont colonisé de nouvelles régions grâce à l'intensification de la circulation des bateaux. Ces phénomènes compliquent donc le travail de détermination du matériel archéologique.

Les données sur la diversité malacologique de la zone omanaise sont encore très peu nombreuses. Néanmoins, deux ouvrages d'identification sont disponibles, l'un pour les gastéropodes (Bosch *et al.*, 1995) et l'autre pour les bivalves de mer Rouge (Oliver, 1992), aussi très utile pour les espèces de la mer d'Oman. Ces ouvrages sont utiles pour la détermination mais sont très imprécis sur l'écologie de ces espèces. La région du Ja'alan est encore très peu étudiée mais de premières observations sur le terrain indiquent une pollution récente des plages liée aux hydrocarbures, avec pour conséquence une baisse de la diversité spécifique. Les espèces collectées sur les sites archéologiques représentent évidemment une infime partie de la diversité de la province indo pacifique et de la mer d'Oman.

4.2 Le milieu rocheux

Les zones rocheuses côtières sont très fréquentes en Oman, plus particulièrement dans la région du Ja'alan, au pied de la falaise constituée par la terrasse d'abrasion marine rocheuse d'environ 34 m d'altitude. Elle s'étend de Sur jusqu'à Ra's al-Khabbah avec seulement quelques interruptions formant de petites criques de sable. La falaise rocheuse est extrêmement favorable à l'établissement de populations de mollusques marins avec une grande diversité spécifique et une biomasse très importante (**Fig. 31-a et b**).

Dans la zone côtière rocheuse du Ja'alan, aucune étude n'a pour l'instant été effectuée, probablement du fait de l'inaccessibilité de ces zones à pied, excepté en de rares endroits, à proximité des villages situés près des criques et des plages.

En zones rocheuses, les espèces se répartissent en fonction de la profondeur des étages bathymétriques mais aussi de l'exposition aux vagues.

Les gastéropodes dits mobiles sont principalement des brouteurs d'algues comme *Lunella coronata*, *Trochus erythraeus* et autres Turbinidae, Neritidae, Trochidae, Patellidae, et Cypraeidae. Généralement de petite taille, ils vivent cachés dans les infractuosités des rochers,

a-

b-

c-

d-

e-

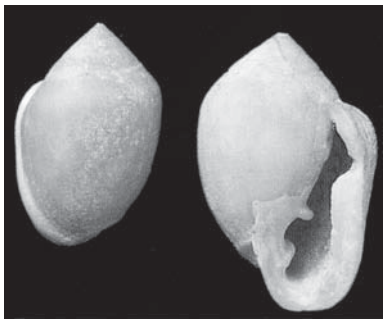


Figure 32 : Photos des différents coquillages vivant en contexte sableux et mangrove
a- ***Terebralia palustris*** **sur lequel est fixée une huître (*Saccostrea cucculata*)**
(cliché E. Pellé)
b- Coquille de ***Terebralia palustris*** **actuelle** (cliché C. Martin)
c- Regroupement d'individus de l'espèce ***Bullia mauritania*** **autour d'un poisson mort. Ils se nourrissent de la chair des cadavres de poissons sur les plages.**
d- ***Cassidula nucleus*** **environ 17 mm de hauteur** (d'après Bosch et al., 1995)
e- ***Melampus castaneus*** **environ 13 mm de hauteur** (d'après Bosch et al., 1995)

a-

b-

Figure 33 : Photos représentant l'huître *Saccostrea cucculata* en milieu rocheux
a- Exemple de rocher partiellement recouvert d'huîtres cliché C. Martin
b- Organisation d'une colonie d'huîtres, elles sont toutes fortement fixées au rocher et emboitées les unes contre les autres (ici le rocher est entièrement recouvert). cliché E. Pellé

Taxons	Milieu
GASTEROPODES	
Anachis faurati	rocheux
Cantharus spiralis	rocheux / sableux
Cantharus undosus	rocheux
Cellana rota	rocheux
Cerithium cæruleum	rocheux
Chama brassica	rocheux
Chama sp.	rocheux
Clanculus sp.	rocheux
Clypeomorus bifasciatus	rocheux
Cronia cf. *konkanenis*	rocheux
Cronia cf. *margariticola*	rocheux
Cymatium parthenopeum	rocheux
Cymatium pileare	rocheux
Cypraea grayana	rocheux
Cypraea onyx ciccinta	rocheux
Cypraea sp.	rocheux
Engina alveolata	rocheux
Engina mendicaria	rocheux
Engina zea	rocheux
Euchelus cf. *asper*	rocheux
Hexaplex kuesterianus	rocheux
Littoraria intermedia	rocheux / mangrove
Lunella coronata	rocheux
Medusafissurella melvilli	rocheux
Mitrella blanda	rocheux
Morula granulata	rocheux
Murex scolopax	rocheux
Nassarius gemuliferus	rocheux
Nassarius marmoreus	rocheux
Nerita albicilla	rocheux
Nerita debilis	rocheux
Nerita longii	rocheux
Nerita polita orbignyana	rocheux
Nerita sp.	rocheux / mangrove
Nerita textilis	rocheux
Osilinus kotschyi	rocheux / vaseux
Patella flexuosa	rocheux
Planaxis sulcatus	rocheux / vaseux
Purpura panama	rocheux
Scutus unguis	rocheux
Siphonaria savignyi	rocheux

Taxons	Milieu
GASTEROPODES	
Strigatella litterata	rocheux
Strombus mutabilis	rocheux / sableux
Thaidinae	rocheux
Thais alouina	rocheux
Thais bimaculata	rocheux
Thais lacera	rocheux
Thais savignyi	rocheux
Thais tissoti	rocheux
Trochoidea	rocheux
Trochus erythraeus	rocheux
Trochus sp.	rocheux
Turbo radiatus	rocheux
Turbo sp.	rocheux
BIVALVES	
Arca symphenacis	rocheux
Asaphis violascens	rocheux / graveleux
Barbatia foliata	rocheux
Barbatia foliata / decussata	rocheux
Barbatia oblicata	rocheux
Barbatia sp.	rocheux
Chlamys livida	rocheux
Chlamys senatoria	rocheux
Chlamys sp.	rocheux
Chlamys towsendi	rocheux
Diodora singaporensis	rocheux
Isognomon sp.	rocheux
Noetiella chesneyi	rocheux
Ostrea sp.	rocheux / mangrove
Perna picta	rocheux
Pinctada cf. *nigra*	rocheux
Pinctada margaritifera	rocheux
Pinctada radiata	rocheux
Pinctada sp.	rocheux
Saccostrea cucculata	rocheux / mangrove
Spondylus sp.	rocheux
Trapezium sublaevigatum	rocheux
AUTRES	
Balanus sp.	rocheux
Chiton sp.	rocheux

Tableau 12 : Liste des taxons présents sur les sites étudiés et vivant en contexte rocheux (d'après Bosch et al., 1995 et Oliver, 1992).

dans les crevasses ou bien, pour certains, dans les petites cuvettes d'eau formées entre et au creux des rochers. La liste des taxons trouvés sur les sites et vivant en milieu rocheux est présentée dans le **tableau 12.** Au total, 56 gastéropodes et 22 bivalves ont pu être identifiés en

contexte archéologique. Dans la liste des bivalves, notons la présence d'un cas particulier, celui de l'espèce *Noetiella chesneyi* dont la révision est très récente. D'abord décrite sous le nom de *Arca penticuliformis* par Pallary, (1939 : 125-126), l'espèce a pris son nom actuel en 1994 avec la description d'Oliver (1994). Les informations concernant son écologie et son mode de vie sont très vagues et parfois contradictoires (Oliver, 1992 ; Oliver et Chesney, 1994 ; Bosch *et al.*, 1995). Compte tenu de l'écologie de la famille des Arcoidea et de la particularité de ce genre de sécréter un byssus, j'ai choisi de l'attribuer au milieu rocheux.

Les autres gastéropodes sont des prédateurs ou des détritivores (**Fig. 32-c**). Dans la première catégorie figurent les Muricidae comprenant les murex (ici *Hexaplex kuesterianus*) et les thais (*Purpura panama, Thais alouina, Thais savignyi, Thais tissoti, Thais lacera et Thais bimaculata*). Les espèces de cette famille ont la particularité de pouvoir perforer la coquille de leur proie avec leur radula (langue) puis de les ingérer par cet orifice. La plupart des Muricidae se nourrissent de balanes (petit crustacé vivant fixé sur les rochers) et de moules. Les bivalves vivent généralement fixés sur les rochers, certains directement comme l'huître, d'autres par un byssus, filament sécrété par le manteau. Il s'agit de mollusques filtreurs se nourrissant des micro-organismes présents dans l'eau de mer. Les espèces du genre *Chlamys* ne vivant qu'en haute-mer à de grandes profondeurs, leur présence sur les sites archéologiques résulte nécessairement d'un ramassage de coquilles mortes, les valves étant très faciles à collecter coincées entre les rochers après les fortes marées ou les tempêtes. Les moules (*Perna picta*) et les huîtres (*Ostrea* sp.) vivent en banc, fixées sur un rocher (**Fig. 33**). Ces deux espèces peuvent parfois couvrir la totalité du rocher qui leur sert de support. Les bancs de moules colonisent assez rapidement de nouveaux rochers, en seulement 1 an, il est possible de voir apparaître tout un naissain coloniser une zone rocheuse. (**Fig. 31 a**). Lorsque ces colonies sont bien installées, chaque individu est alors complètement fondu dans la masse et il est parfois très difficile de l'en déloger. C'est le cas notamment pour les huîtres, en particulier de *Saccostrea cucculata,* qui se fixe directement sur la roche et dont la forme dentelée s'imbrique parfaitement avec ses voisines. Pour déloger un individu, il est parfois nécessaire de briser directement le rocher.

TAXONS	MILIEUX
GASTEROPODES	
Ancilla castanea	vaseux / sableux
Ancilla sp.	sableux
Architectonica perspectiva	sableux
Architectonica sp.	sableux
Babylonia sp.	sableux
Babylonia spirata	sableux
Bulla ampulla	sableux
Bullia mauritania	sableux
Bullia semiplicata	sableux
Cantharus spiralis	sableux / rocheux
Cerithidea cingulata	vaseux
Cerithium nodulosum adansonii	sableux
Cerithium scabridum	vaseux / sableux
Conus miles	sableux
Conus sp.	sableux
Conus striatus	sableux
Cymatium aquatile	sableux
Dentalium octangulatum	sableux
Ficus sp.	sableux
Impages hectica	sableux
Lambis truncata sebae	sableux
Mitra aurantia aurantia	sableux
Mitra aurantia subruppeli	sableux
Mitra sp.	sableux
Modulus ketum	sableux
Nassarius arcularia plicatus	sableux
Nassarius castus	vaseux
Nassarius coronatus	sableux
Nassarius persicus	vaseux
Nassarius plicatus	sableux
Nassarius sp.	vaseux / sableux
Nassarius splendidulus	sableux
Natica cernica	sableux
Natica sp.	sableux
Naticinae	sableux
Oliva bulbosa	sableux
Oliva sp.	sableux
Osilinus kotschyi	rocheux / vaseux
Planaxis sulcatus	rocheux / vaseux
Pleurocopa trapezium	sableux
Polinices cf. *aurantius*	sableux
Polinices mammilla	sableux
Polinices sp.	sableux
Potamides conicus	vaseux / mangrove
Prunum terverianum	sableux
Pyrene propinqua	sableux
Rhinoclavis kochi	sableux
Smaragdia souverbiana	vaseux
Strombus gibberulus	sableux
Strombus mutabilis	sableux / rocheux
Strombus persicus	sableux
Strombus sp.	sableux
Tonna olearium	sableux
Tonna sp.	sableux
Turritella columnaris	vaseux
Turritella sp.	sableux
Umbonium vestiarium	sableux
BIVALVES	
Acrosterigma assimile	sableux
Amiantis umbonella	vaseux
Anadara erythraeonensis	vaseux / sableux
Anadara sp.	vaseux / sableux
Anadara uropigimelana	vaseux / sableux
Anodontia edentula	vaseux
Callista erycina	vaseux
Cardites bicolor	sableux
Cavilucina pamela	vaseux
Circenita callipiga	vaseux
Codakia tigerina	sableux
Diplodonta cf. *globosa*	vaseux
Donax towsendi	sableux
Dosinia alta	vaseux / sableux
Dosinia ceylonica	vaseux / sableux
Dosinia cf. *alta*	vaseux / sableux
Dosinia hepatica	vaseux / sableux
Dosinia insularum	vaseux / sableux
Dosinia pubescens	vaseux / sableux
Dosinia sp.	vaseux / sableux
Glycymeris pectunculus	sableux
Hiatula mirbahensis	vaseux / sableux
Hiatula ruppelliana	vaseux
Hiatula sp.	sableux
Lutraria australis	vaseux
Mactra lilacea	sableux
Marcia marmorata	vaseux
Marcia opima	vaseux
Meretrix sp.1	vaseux
Pillucina angela	vaseux
Pillucina fischeriana	vaseux
Plagiocardium pseudolima	vaseux
Protapes sp.	vaseux
Sunetta effossa	sableux
Tellina arsinoensis var. A	vaseux
Tellina arsinoensis var. B	vaseux
Tivela ponderosa	sableux
Wallucina erythraea	vaseux

Tableau 13 : Taxons présents sur les sites étudiés et inféodés aux milieux vaseux et/ou sableux (d'après Bosch et al., 1995 et Oliver, 1992).

4.3 Les milieux sableux et vaseux

J'ai choisi de regrouper ces deux milieux car beaucoup d'espèces peuvent vivre à la fois en contexte vaseux et en contexte sableux. De plus, excepté pour les gastéropodes, la technique de collecte est très souvent la même pour les deux milieux.

Les taxons caractéristiques de ces milieux sont présentés dans le **tableau 13.** Il comporte 38 bivalves et 57 gastéropodes. Certains d'entre eux ont la particularité de pouvoir vivre dans ces deux milieux.

Le milieu sableux

Le milieu sableux est actuellement très bien représenté en Oman, en particulier au sud du Ja'alan et dans la région des Wahiba sand. Ce milieu est aujourd'hui très pauvre en coquillages du fait de la pollution des plages par des hydrocarbure.

On observe assez facilement certains bivalves lors des fortes marées basses. Certains gastéropodes comme les *Conus* sp. sont des carnivores qui s'enfouissent pour chasser les tout petits poissons en utilisant un petit appendice se terminant en forme de harpon avec un venin puissant qui tue quasiment instantanément sa proie. En Oman, les espèces *Conus geographicus* et *Conus textile* possèdent un venin mortel pour l'homme. Les plages de pêcheurs sont généralement habitées par de petits gastéropodes du genre *Bullia* qui se nourrissent des charognes de poissons laissées par les pêcheurs (**Fig. 32-c**).

Le milieu vaseux

Les milieux vaseux correspondent à des lagunes ouvertes sur la mer et donc constamment en eau salée mais qui peuvent avoir des apports en eau douce par les oueds lors des saisons humides. De nombreuses espèces vivent dans ces zones abritées de la mer. On trouve beaucoup de petits gastéropodes (*Cérithes*, *Nassarius*, *Bullia*) principalement des détritivores se nourrissant notamment des nombreux restes de poissons morts.

Les bivalves vivant dans ces milieux sont assez nombreux, ils appartiennent majoritairement à la famille des Tellinoidea et Veneroidea. Les téllines s'enfouissent assez profondément jusqu'à 15 cm.

Les espèces de la famille des Veneridae les plus représentées sont *Marcia marmorata, Marcia opima, Amiantis umbonella* et *Meretrix* sp.1. *Meretrix* sp.1 est une espèce qui présente une morphologie particulière pour ce genre, généralement de petite taille, et actuellement absente du golfe Arabo-Persique et de la mer d'Arabie (**Annexe 12**). L'espèce la plus proche géographiquement mais de morphologie très différente est *Meretrix casta*, elle est présente sur la côte sud-ouest de l'Inde.

Il existe très peu de données sur l'écologie de ces espèces (Muthiah *et al.*, 2002) mais des observations effectuées sur le terrain m'ont permis d'établir qu'elles étaient inféodées au milieu vaseux et plus particulièrement à la lagune. *Marcia marmorata* et *Marcia opima* ont été observées dans la lagune de Khor Jaramah et *Amiantis umbonella* dans la lagune de Sur.

L'écologie de *Meretrix* sp.1 est pour l'instant incertaine. Néanmoins, il est possible d'obtenir des informations à partir des données collectées pour l'espèce proche *Meretrix casta* que l'on trouve actuellement en Inde en contexte lagunaire (Abraham, 1953). Malgré de très fortes différences de taille entre les deux espèces, la grande similarité de leur forme indique un mode de vie très proche.

L'étude effectuée par Abraham (1953) est ancienne mais permet de se faire une idée des conditions de vie de ce bivalve. Sa croissance est assez rapide, en seulement 9 mois la coquille atteint une longueur de 20 mm et 18 mm de hauteur, mais elle est aussi très cyclique et déterminée par l'augmentation de la température et la baisse de la salinité de l'eau. Sa reproduction est, elle aussi, très liée aux pluies et à la salinité de l'eau. Malgré tout, l'espèce semble très résistante à la salinité, si la transition est progressive. Certains individus peuvent atteindre l'âge de 7 ans et mesurer 56,5 mm de longueur et 49 mm de hauteur, lorsque les conditions lui sont particulièrement favorables. La moyenne générale des individus est de 30 mm de longueur pour une durée de vie de 6 mois environ. La forte mortalité est principalement liée, selon l'auteur à la compétition spécifique et aux variations brusques des températures augmentant la salinité et créant des accidents de dessiccation du sol. Les spécimens présents sur les sites archéologiques omanais (*Meretrix* sp.1) sont donc de taille beaucoup plus grande que ceux qui ont été trouvés en Inde avec 75 mm de longueur et 57 mm de largeur.

4.4 La mangrove

Les mangroves sont des formations végétales de zone côtière, composées de palétuviers capables de supporter de fortes salinités et dont la présence de racines aériennes appelées pneumatophores permettent l'échange d'oxygène et de dioxyde de carbone lorsqu'ils sont immergés. On considère généralement que les mangroves se répartissent sur les côtes où la mer atteint au moins la température de 24°C une fois dans l'année (Blasco *et al.*, 1996). Elles se distribuent donc autour de l'équateur entre les tropiques du Cancer et du Capricorne. Il existe de nombreuses espèces de palétuviers, généralement réparties parmi deux genres, les *Rhizophora* et les *Avicennia* (Blasco *et al.*, 1996).

On considère généralement différents étages dans une mangrove en fonction des intrusions de la mer (Pernetta, 1993):

- zone inondée pendant toutes les marées hautes
- zone inondée pendant les moyennes marées hautes (occupée par des *Avicennia*)
- zone inondée pendant les très hautes marées (occupée par des *Rhizophora*)
- zone inondée pendant les marées de printemps
- zone exceptionnellement inondée

Le développement et la composition d'une mangrove dépendent essentiellement de la température mais aussi de la salinité et donc de l'apport en eau douce, qu'il soit lié à des inondations, des apports fluviatiles ou des cyclones (Blasco *et al.*, 1996). Les variations du niveau de la mer jouent aussi un rôle important, des variations brusques, même de faible amplitude (<5 cm) mais rapides (<6 semaines), peuvent être à l'origine de la disparition complète de la mangrove (Blasco *et al.*, 1996). La progression d'une mangrove se fait généralement par une avancée sur la mer et laisse parfois derrière elle une zone sans végétation correspondant à un marais salé. Les mangroves sont donc des milieux instables.

Actuellement, l'Oman et les Émirats arabes unis ne possèdent que des mangroves composées d'une seule espèce arbustive *Avicennia marina* (Dodd *et al.*, 1999). Cette espèce a la particularité d'être capable de supporter de très fortes salinités, supérieures à 30‰ (Blasco *et al.*, 1996). Néanmoins, de nombreux indices archéologiques et paléoenvironnementaux montrent que des espèces du genre *Rhizophora* étaient présentes dans les mangroves pendant la fin du 5^{e} millénaire av. J.-C. en Oman (Lézine *et al.*, 2002) et jusqu'aux périodes historiques dans les Émirats (Tengberg et Lombard, 2001). On peut donc se demander si les mangroves actuelles ne sont pas les reliques de formations plus étendues, correspondant à une

période climatique où l'apport d'eau douce dans ces zones côtières était beaucoup plus important.

Les espèces malacologiques inféodées strictement à la mangrove, du fait de leur mode de vie et surtout de leur alimentation (**Tab. 14**), sont très peu nombreuses (Murty et Balaparameswara Rao, 1977 ; Plaziat, 1984). Certains auteurs englobent à tort, dans la liste des espèces caractéristiques de la mangrove, celles qui vivent à proximité dans la zone vaseuse, bien qu'elles ne soient pourtant pas dépendantes de la mangrove.

TAXONS	MILIEUX
GASTEROPODES	
Cassidula nucleus	mangrove
Littoraria intermedia	rocheux / mangrove
Melampus castaneus	mangrove
Nerita sp.	rocheux / mangrove
Potamides conicus	vaseux / mangrove
Terebralia palustris	mangrove
BIVALVE	
Ostrea sp.	rocheux / mangrove
Saccostrea cucculata	rocheux / mangrove

Tableau 14 : Liste des taxons présents sur les sites et inféodés à la mangrove (d'après Bosch et al., 1995 et Oliver, 1992).

Terebralia palustris : (**Fig. 32-b**)

Ce gastéropode peut atteindre de très grandes tailles : des individus de 160 mm à Java et de 190 mm en Australie ont déjà été répertoriés (Houbrick, 1991). Il se nourrit des feuilles des palétuviers, de ses fruits et aussi des détritus organiques s'accumulant sous les arbres (Plaziat, 1977 ; 1984 ; Houbrick, 1991).

Il est capable de supporter des stress environnementaux importants et peut vivre pendant quatre mois sans nourriture, et trois mois sans nourriture et sans eau (Houbrick, 1991). Sa coquille est souvent « colonisée » par d'autres espèces comme des huîtres (*Saccostrea cucculata,* **Fig. 33-a**) ou des balanes. Sur les individus adultes, la partie de la coquille en contact avec le sol lorsqu'il rampe, est fortement érodée par l'acidité du sol et par la reptation de l'animal (Plaziat, 1984). Cette espèce vit en colonies juste sous les arbres et est très souvent consommée par les populations locales notamment en Australie du fait de cette facilité de collecte et de son poids de chair important.

Saccostrea cucculata

Cette espèce d'huître a la particularité de pouvoir s'adapter à la mangrove et de se fixer sur les racines des palétuviers, et parfois sur les individus de l'espèce *Terebralia palustris*. Elle forme ainsi de véritables « tas » d'huîtres extrêmement bien fixés sur les racines. Ces huîtres peuvent se reconnaître par l'empreinte des racines aériennes des palétuviers (ou pneumatophores) qu'elles conservent sur leur coquille sous la forme d'une gouttière aux bords irréguliers.

Autres petits gastéropodes (**Fig. 32-d et e**)

Les autres gastéropodes sont parfois présents sur les sites mais n'ont probablement pas été consommés du fait de leur très petite taille. Comme *Terebralia palustris*, on peut les trouver au pied des arbres, mais ils ont aussi la particularité de pouvoir se fixer sur les troncs comme *Littoraria intermedia* (Reid, 1986 ; Jensen *et al.*, 1999), *Melampus castaneus* et *Nerita* sp. (Bouchet, 1977), ou bien encore sur les pneumatophores comme *Cassidula nucleus, Nerita* sp. et *Melampus castaneus* (Murty et Balaparameswara Rao, 1977).

5 Les référentiels ethnologiques

Pour chacun de ces milieux, différents exemples ethnologiques actuels seront utilisés comme référentiel pour la reconstitution des techniques de collecte. Ces exemples de collecte de mollusques marins sont peu nombreux, quelques exemples existent pour le continent américain (Parmalee *et al.*, 1982 ; Moss, 1993), la Papouasie (Pernetta et Hill, 1981 ; Swadling, 1982 ; Irwin, 1985 ; Healey, 1990), la Polynésie Française (Conte, 1986) et l'Australie (Meehan, 1977 ; 1982 ; 1983 ; 1988 ; Bird et Richardson, 2002). Parmi ces études, j'ai choisi de présenter ici uniquement celles qui disposent des mêmes espèces et conditions écologiques que sur les sites archéologiques. Ces exemples proviennent d'observations personnelles effectuées lors de campagnes de fouilles et d'études ethnologiques réalisées en Oman (El-Mahi, 1999) et en Australie le long de la côte Nord (Meehan, 1982). L'étude australienne, malgré son éloignement géographique, met en évidence des habitudes de collecte au sein de milieux similaires à ceux que l'on rencontre sur les sites archéologiques omanais.

5.1.1 Collecter en zone rocheuse en Oman

Actuellement la collecte de coquillages en milieu rocheux est toujours effectuée occasionnellement par les populations locales. J'ai ainsi pu réaliser quelques observations à Ra's al-Jinz. La collecte est ciblée sur la moule *Perna picta*. Elle s'effectue pendant les fortes marées basses, lorsque toute la zone rocheuse est accessible à pied. Le collecteur, souvent un pêcheur, n'hésite pas à grimper sur les rochers. Il détache les moules par un mouvement rotatif qui permet d'arracher le byssus. Généralement les thais sont présents en périphérie des bancs, ils sont aussi collectés, en particulier lorsqu'ils sont de grande taille. Le collecteur prend soin de ne ramasser que les individus de très grande taille, les plus grands pouvant atteindre 10 cm de long, non pas par souci de préserver la colonie mais plutôt pour un meilleur rendement. Les gastéropodes de type thais ou murex sont rarement collectés car leur plus faible densité implique une plus longue recherche.

Les moules ont la particularité de posséder un byssus extrêmement bien développé, il est donc nécessaire avant de les consommer de bien prendre soin d'enlever un maximum de filaments, elles sont ensuite bouillies puis consommées.

a-

c-

b-

Figure 34 : Collecte du bivalve *Marcia hiantina* en milieux vaseux chez les Gidjingali (Australie)
a- Méthode dite "Dry-method" qui consiste à collecter les bivalves en grattant le sol à marée basse
b- Méthode dite "Wet-method" qui s'effectue pendant la marée montante (50 cm d'eau maximum)
c- Lavage des bivalves avant la cuisson et la consommation
(photos d'après Meehan, 1982)

5.1.2 La collecte du bivalve *Marcia hiantina*[7] pour les Gidjingali (Australie)

L'espèce *Marcia hiantina* est couramment collectée par les populations de la région de Gidjingali en Australie, le long de la côte Nord. Elle vit en zone vaseuse à seulement quelques centimètres de la surface. L'étude ethnologique effectuée par Meehan Betty (1982) entre 1972 et 1973 au sein de cette population a permis de mettre en évidence deux méthodes de collecte pour cette espèce très proche de celles que l'on peut observer en Oman, l'une qu'elle nomme « dry method » et l'autre qu'elle appelle « wet method » (**Fig. 34**).

- La méthode sèche ou « dry method » est utilisée pendant la marée basse. Le sol vaseux est d'abord testé à la main afin de vérifier la présence des mollusques. Puis le sédiment est gratté à deux mains ou une main lorsque la vase contient de nombreux fragments de coquilles, jusqu'à qu'il n'y ait plus aucune coquille. Les bivalves sont ensuite récupérés dans le tas de sédiment rejeté.

- La méthode humide ou « wet method » est très proche de la précédente, à la différence qu'elle est effectuée lorsque la mer est haute (environ 50 cm de profondeur maximum). La collecte commence lorsque la mer est basse, elle est souvent associée à la méthode sèche, mais à l'avantage d'éviter l'étape du lavage des coquilles.

Ces deux techniques de collecte sont effectuées par les femmes et les enfants principalement. Elle est particulièrement efficace pour la collecte des Vénéridés qui ne peuvent s'enfouir profondément dans le sol.

[7] *Marcia hiantina* est le nom actuel de l'espèce, elle est nommée par Meehan (1982) *Tapes hiantina* (ancien nom).

Figure 35 : Localisation et collecte d'***Amiantis umbonella***
A- Equipe de collecteurs composée essentiellement d'enfants
B- Localisation de la mangrove de Sur
C- Lagune de Sur située en avant de la mangrove, à proximité de l'accès à la mer

clichés C. Martin

5.1.3 La collecte d'*Amiantis umbonella* dans la lagune de Sur (Oman)

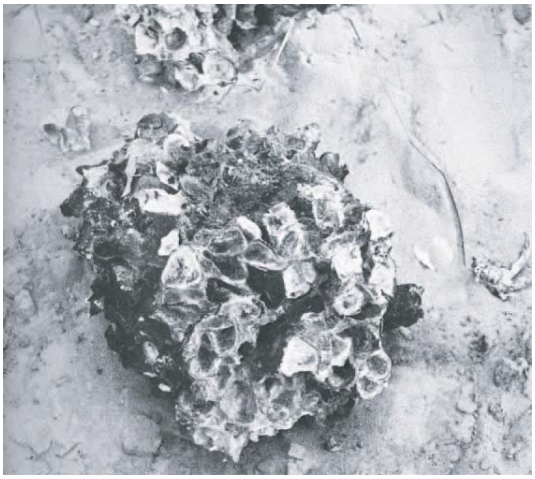
Les vénéridés sont très présents sur certains de nos sites archéologiques. Aussi j'ai tenté d'obtenir des informations sur la collecte de l'un d'eux, *Amiantis umbonella,* encore collecté actuellement et vendu sur les marchés. *Amiantis umbonella* vit dans la lagune de Sur, au sein des étages intertidal et infralittoral. Constamment en immersion, ce bivalve s'enfouit dans la vase. Sa collecte est toutefois assez simple. Cette espèce est généralement enfoncée à seulement quelques centimètres de la surface ; les individus adultes, de grande taille, sont enfouis plus profondément (20 cm) que les juvéniles, de petite taille (5 à 10 cm) ; pour les ramasser, il suffit de « gratter » le sol. Cette collecte s'effectuant dans le sol vaseux de la lagune, creuser reste une activité simple et peu fatigante. Actuellement dans la lagune de Sur, le ramassage des *Amiantis umbonella* est effectué par les enfants (**Fig. 35**). Les mollusques sont repérés au pied en foulant le sol, ce qui permet en même temps de ramollir la vase. Cette manœuvre a été observée à Sur par El-Mahi (1999). En une dizaine de minutes seulement, une dizaine d'enfants peut ramasser une quarantaine de bivalves de grande taille. La seule difficulté est liée à la marée : ces bivalves étant généralement situés à la limite de la zone intertidale et infralittorale, ils sont accessibles pendant les fortes marées et uniquement pendant un laps de temps très court. Cette collecte nécessite donc une bonne connaissance des marées.

Les observations effectuées par El-Mahi (1999) sur la côte de la Batinah en Oman concernent la collecte de *Marcia* sp. La technique de collecte est très proche de celle employée à Sur pour *Amiantis umbonella.* Les coquilles sont ensuite mises à bouillir dans l'eau, il faut environ 10 à 15 minutes de cuisson avant l'ouverture des valves, puis elles sont laissées refroidir et enfin rincées. Une partie des mollusques est consommée en salade, avec du riz ou des oignons. El-Mahi note qu'une grande partie de la collecte n'est pas consommée immédiatement. Elle est salée et mise à sécher dans les cours des maisons ou sur les toits avec une protection contre les oiseaux, pendant deux jours et ensuite stockée dans un récipient hermétique pour une future consommation.

a-

b-

c-



d-

Figure 36 : Exemples de collecte en mangrove chez les Gidjingali (Australie)
a- Collecte de *Terebralia palustris* et *Telescopium telescopium*
b- Récupération de la chair de *Terebralia palustris* après cuisson, le gastéropode est fracturé sur la partie postérieure du dernier tour au moyen d'un autre coquillage
c- Collecte de *Crassostrea amasa* qui se fixe sur les pneumatophores des palétuviers
d- Restes de la consommation d'huîtres. Le tas d'huîtres est cuit tel quel puis consommé
(photos provenant de Meehan, 1982)

5.1.4 La collecte en mangrove chez les Gidjingali (Australie)

L'espèce *Crassostrea amasa* a les mêmes particularités que l'espèce *Saccostrea cucculata* existant en Oman. Sa collecte en Australie (Meehan, 1982) consiste à fracturer les amas que forment les huîtres autour des racines (**Fig. 36-c et d**). Pour cela, pierres ou marteaux sont utilisés pour décoller ces coquilles qui se fixent fortement aux racines. Cette collecte s'accompagne parfois d'un ramassage de gastéropodes de petites tailles et vivant sur les troncs des palétuviers.

Les espèces *Terebralia palustris* et *Telescopium telescopium* sont aussi collectées à cette occasion. Il suffit de se pencher pour les ramasser à même le sol (**Fig. 36-a**). Le gastéropode est ensuite bouilli dans l'eau douce ou cuit directement sur le feu pendant 4 minutes. La forme de la coquille nécessite sa fracturation, réalisée par percussion de l'avant dernier tour sur la partie postérieure, au moyen d'un autre *Terebralia* ou *Telescopium* (**Fig. 36-b**). La chair est ensuite aspirée par l'ouverture naturelle du coquillage. Si la chair ne peut toujours pas être extraite, alors la coquille est de nouveau fracturée.

La plupart des espèces identifiées dans les divers assemblages malacologiques étudiés, permettent de définir la présence de quatre principaux milieux : rocheux, sableux, vaseux et mangrove. Ces espèces nécessitent des méthodes de collecte particulières observées en Oman mais aussi dans des régions plus éloignées comme l'Australie. À partir de ces informations, je tenterai d'établir les méthodes, les stratégies de collecte et leur évolution entre le Néolithique et l'Âge du Bronze.

PARTIE D : LES METHODES D'ANALYSE, D'INVENTAIRE ET DE TRAITEMENT DES DONNEES

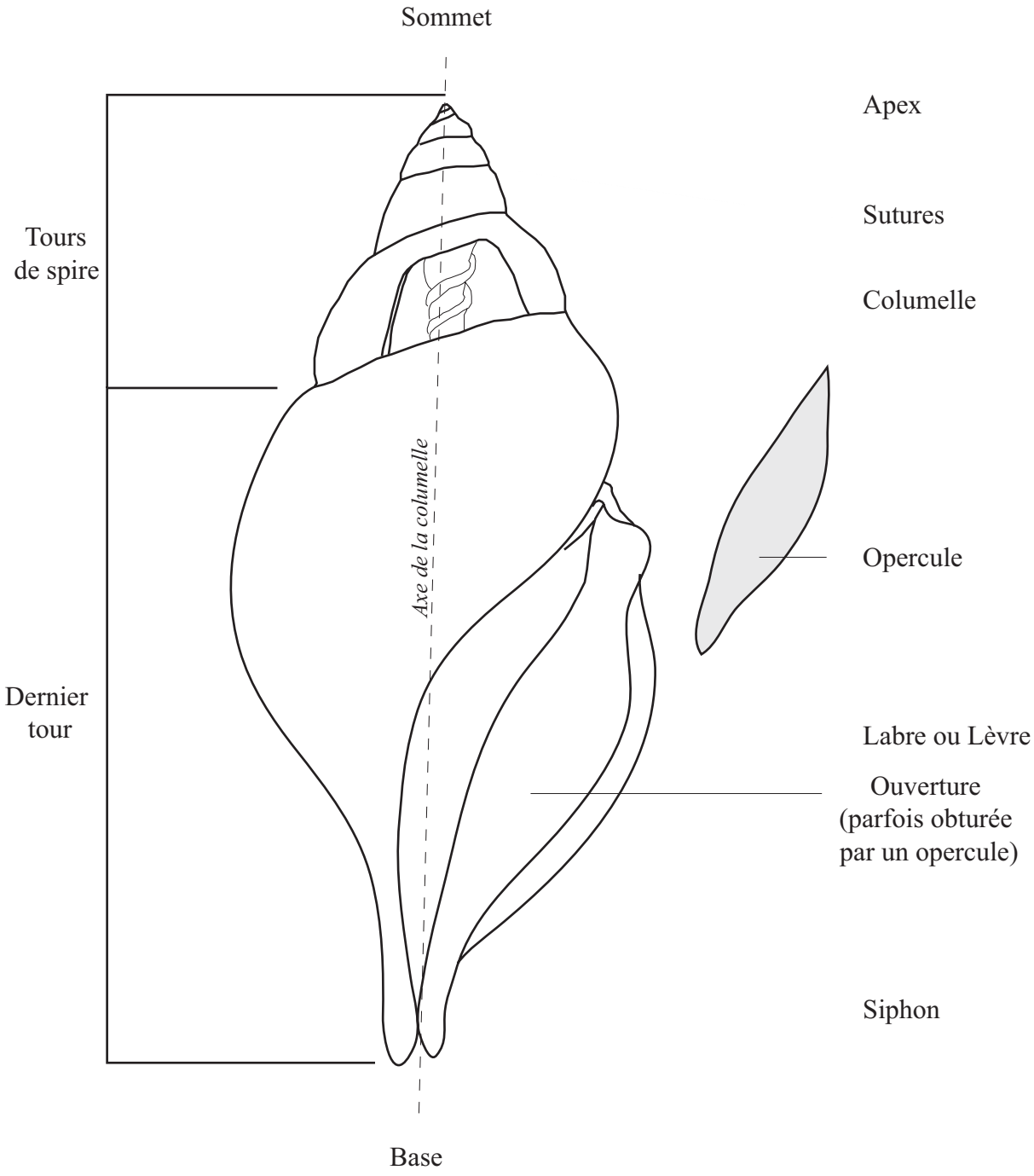


Figure 37 : Description de la coquille d'un gastéropode (d'après Claasen, 1998 modifié)

6 Les méthodes d'analyse, d'inventaire et de traitement des données

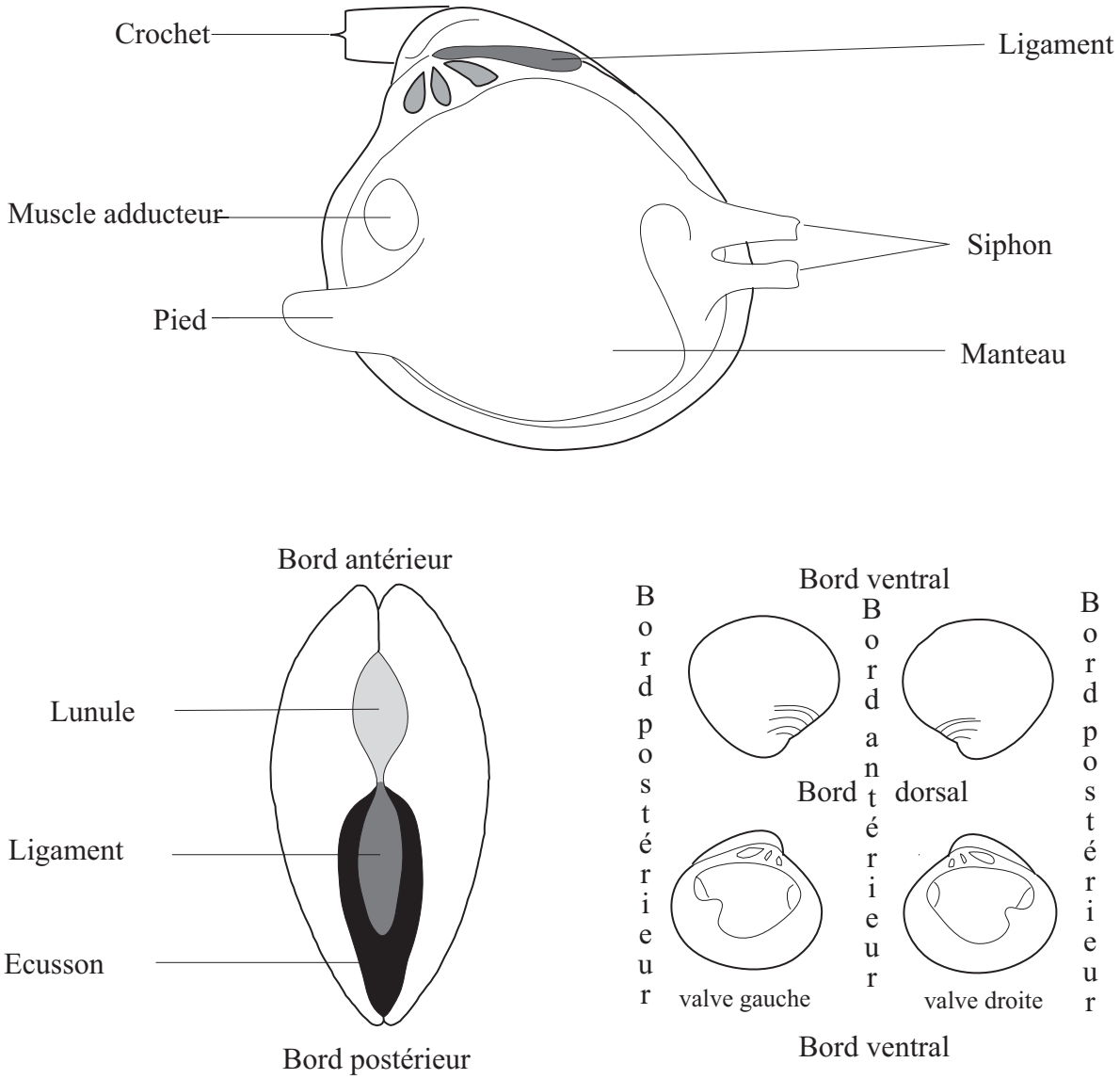
Pour l'étude des assemblages malacologiques archéologiques et des sites naturels, j'ai choisi d'appliquer différentes méthodes descriptives liées à la forme et à l'ornementation de la coquille mais aussi à son mode de vie. Cette étape de description et de décompte a été nécessaire afin de comprendre les différents assemblages. Ce chapitre a pour but de décrire chacune des méthodes qui ont été utilisées pour ce travail. Quelles soient descriptives ou statistiques, ce sont celles qui sont habituellement utilisées en archéozoologie (Poplin, 1976a ; 1976b ; 1978-1979 ; Chenorkian, 1996).

6.1 Méthodes de détermination

La malacologie marine est un domaine présentant une forte diversité taxonomique. Cette diversité implique, lors de l'étape de la détermination, un travail de comparaison avec diverses collections de référence. Les critères de détermination sont nombreux. Dans le cas des gastéropodes, la forme, l'ornementation et les couleurs sont généralement les critères utilisés (**Fig. 37**). Pour les bivalves, j'ai choisi d'utiliser les critères de Oliver (1992), fondés sur le dessin de la ligne palléale, la forme et les décors de la valve, la position des dents, la forme de l'écusson et de la lunule et le dessin des insertions musculaires (**Fig. 38**). Les critères proposés permettent d'identifier un grand nombre d'espèces.

Le matériel a été identifié à l'aide d'ouvrages et de revues spécialisés concernant la péninsule Arabique et la mer d'Oman (Dekker *et al.*, 1992 ; Oliver, 1992 ; Moolenbeek et Dekker, 1993 ; Chesney et Oliver, 1994 ; Moolenbeek et Dance, 1994 ; Moolenbeek et Dekker, 1994 ; Oliver et Chesney, 1994 ; Bosch *et al.*, 1995 ; Smits et Moolenbeek, 1995). Cette étape m'a permis d'accéder au rang de la famille, puis du genre et enfin, dans certains cas au rang spécifique.

Une vérification de la détermination a ensuite été effectuée à partir de deux collections de référence. Dans le cas présent, je disposais de celle du Muséum national d'Histoire naturelle ainsi que d'une collection personnelle collectée lors des diverses campagnes archéologiques en Oman, entre 1999 et 2002.



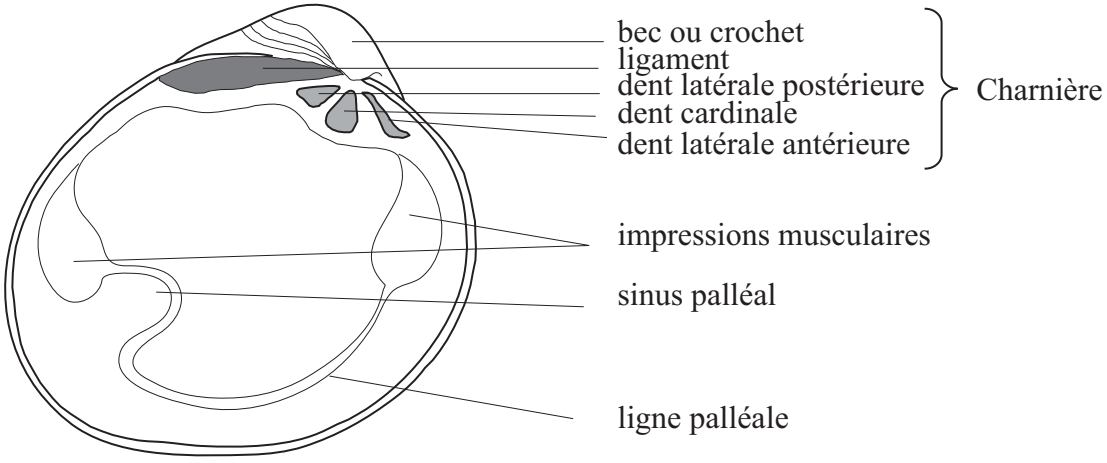


Figure 38 : Description d'une coquille de bivalve avec les différents termes utilisés pour la description du test (d'après Claassen, 1998 modifié)

Plusieurs problèmes de détermination ont été rencontrés. Ils sont liés à différents facteurs :

- Variabilités morphologiques au sein d'une même population

Certaines espèces peuvent présenter des variations morphologiques assez importantes en fonction du milieu et des conditions écologiques. Ainsi la forme générale d'un coquillage peut parfois ne pas être un critère déterminant pour son identification (Bouniol, 1982).

- Variabilité due aux écophénotypes[8]

Certaines espèces de la zone indo-pacifique s'étendent sur des zones géographiques actuellement bien délimitées. Néanmoins, dans le cas de matériel archéologique, on peut trouver certaines espèces en dehors de leur zone de répartition actuelle.

6.2 Mise en place d'une base de données

L'importance quantitative du matériel et la multitude d'informations liées à chaque reste, nécessitait de mettre en place un système d'enregistrement simple, permettant une exploitation rapide des données. Le choix s'est donc porté sur une base de données de type relationnelle, qui tend à supprimer la redondance des informations.

Une base de données doit permettre de gagner du temps lors de l'enregistrement des données, en ayant un minimum d'entrées manuelles (**Fig. 39**). Elle doit être d'une grande précision. Chaque rubrique doit pouvoir être utilisée pour différents sites archéologiques et si ce n'est pas le cas, elle doit pouvoir être modifiée facilement. C'est avec ces objectifs que cette base de donnée a été réalisée à partir du logiciel *File Maker Pro 5.5*. qui présente l'avantage d'être facile d'utilisation.

Chaque fiche correspond à un reste, le nombre total de fiches est donc l'équivalent du nombre total de restes. Deux modèles de fiche ont été réalisés, l'un pour les bivalves, l'autre pour les gastéropodes. Les rubriques sont organisées en cinq parties : la provenance, l'identification, l'état de la coquille, l'écologie (milieu et étage) et la rubrique « remarques et divers » (**Fig. 39**).

6.2.1 Provenance

La rubrique « Provenance » comporte les informations archéologiques. On peut y trouver le nom du site étudié (rubrique « site »), l'année de la fouille (rubrique « année »), les informations relatives à la localisation du matériel (rubriques « US, Passe, Room, Carré ») et le lieu de l'étude, sur place en Oman ou au Muséum national d'Histoire naturelle à Paris.

[8] Divers états modelés par les conditions écologiques sur des organismes plastiques et adaptables

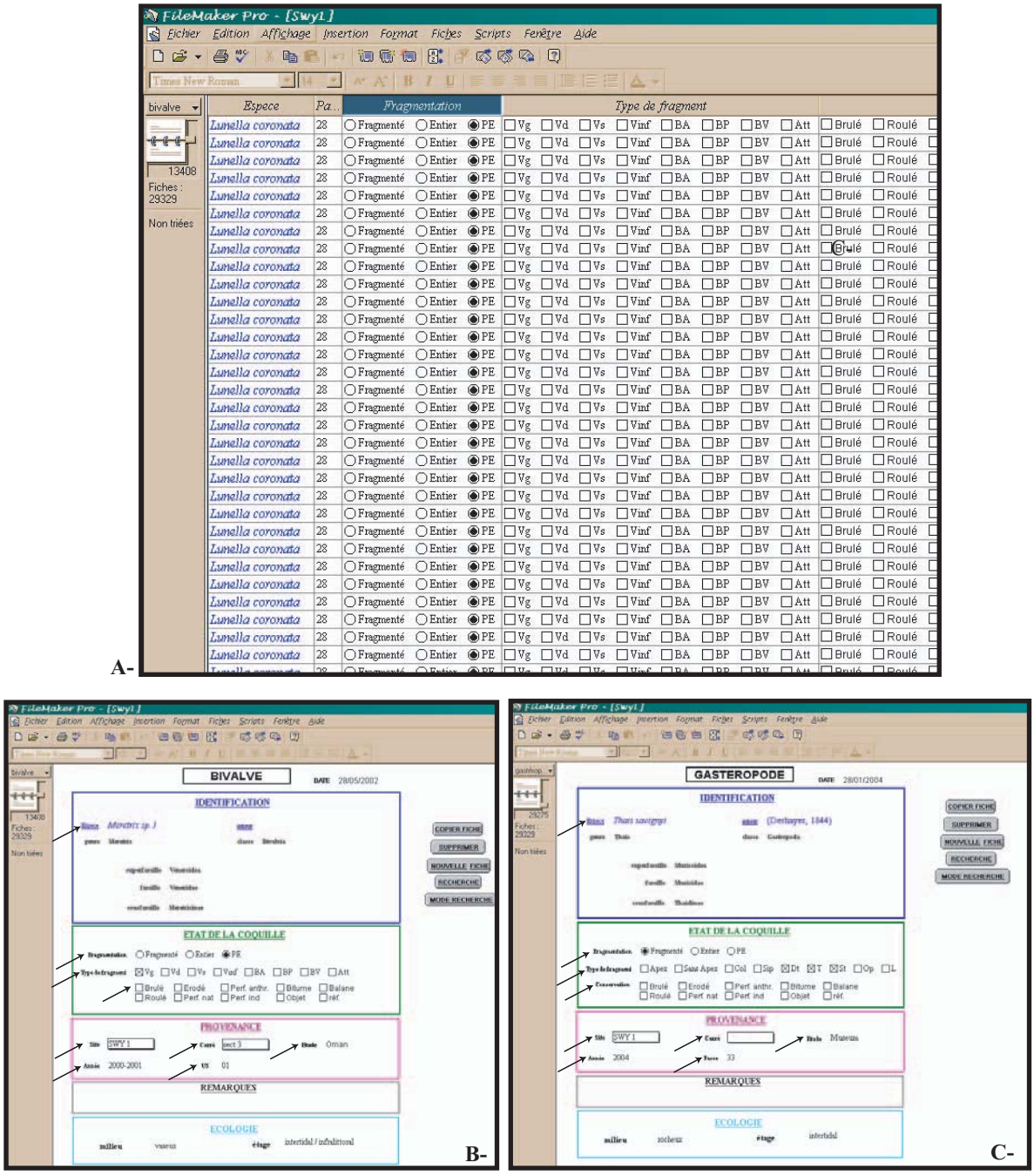


Figure 39 : Exemples de masque de saisie

A- Ici chaque ligne correspond à une fiche de saisie et chaque colonne est une rubrique (affichage mode tableau)

B et C- Exemples de fiche de saisie pour les bivalves (B) et les gastéropodes (C) (contrairement à A, les fiches apparaissent une à une)

seules les rubriques indiquées par une flèche sont à saisir,

les autres se remplissent automatiquement à partir de tables liées.

Toutes les rubriques sont sous la forme de « menu déroulant », excepté celles qui sont liées à la localisation du matériel.

6.2.2 Identification

La rubrique « Identification » comporte la partie relationnelle de la base de donnée. Toutes les espèces présentes sur les sites omanais ont été répertoriées. Lorsque la rubrique « espèce » est complétée, les autres rubriques, correspondant à toute la systématique de l'espèce, se remplissent automatiquement. Cela permet d'effectuer des recherches ciblées sur les espèces appartenant à certaines familles ou genres.

6.2.3 Etat de la coquille

La rubrique « Etat de la coquille » comporte une description de la coquille en tant qu'objet archéologique. Dans un premier temps, la description est générale, c'est la rubrique « fragmentation » qui propose trois choix, « fragment de test » pour un fragment de coquille, « test entier » pour un coquillage complet et sans aucune trace de fracture, et enfin « test quasi-entier » pour les coquilles qui sont légèrement fracturées ce qui pourraient empêcher la prise de mesures. Lors du décompte du nombre minimum d'individus ou NMI, les coquilles « quasi-entières » sont comprises dans la catégorie « test entier ».

La rubrique « types de fragments » permet une description plus précise des « fragments de test ». Pour cela, on utilise comme critères les différentes parties de la coquille (**Fig. 37 et 38**). Dans le cas des restes « test entier » ou « test quasi-entier » cette rubrique n'est pas complétée.

Certaines caractéristiques de la coquille sont notées sous la rubrique « conservation ». Ainsi sont indiquées les traces de brûlures, les traces d'érosion liées à des phénomènes naturels, les différents types de perforation qu'elles soient naturelles, anthropiques ou indéterminées, les éventuelles traces de bitumes révélatrices de l'utilisation du coquillage comme contenant, les incrustations de balanes, les objets travaillés et enfin les coquillages qui sont référencés et ont été intégrés à la collection de référence.

Les perforations visibles sur certaines coquilles peuvent être de diverses origines, aussi bien anthropique, comme dans le cas des coquilles travaillées, que naturelle comme dans le cas des traces liées à la prédation. L'étude du travail de la coquille ne faisant pas partie des thèmes abordés dans cette thèse, il n'a pas toujours été possible d'identifier avec exactitude

les causes de ces perforations (Charpentier *et al.*, 1997). Il est néanmoins utile de rappeler les différents types de perforations qui ont pu être mis en évidence.

- Perforation naturelle (organismes perceurs) :

Certains gastéropodes carnivores, les céphalopodes et certains spongiaires comme les cliones, sont capables de percer les coquilles afin d'en extraire la chair. Les tests collectés portant ces stigmates ont donc été ramassés vides.

- Perforation d'origine humaine

Quelques espèces de coquillage ont été ramassées pour confectionner des objets de parure ou bien encore des hameçons. C'est le cas notamment de coquilles d'*Engina mendicaria,* percées et utilisées comme perles ou bien encore des valves de *Pinctada margaritifera* dont la nacre servait pour la réalisation d'objets de parure et d'hameçons.

La plupart des coquilles perforées par l'homme ont été ramassées précédemment lors du tri pour l'étude de la parure (étude effectuée par V. Charpentier). Ainsi moins de 1% des coquilles présentent des perforations : 73 perforations d'origine indéterminée et 1 perforation d'origine naturelle. L'absence des coquilles travaillées ne gêne pas l'interprétation des autres restes malacologiques. En effet, la plupart des espèces utilisées pour la parure ne sont pas des espèces consommées, comme *Engina mendicaria*, espèce de taille inférieure ou égale à 1,5 cm, de plus ces espèces sont généralement ramassées mortes ou habitées par des bernard-l'hermite. On dénombre néanmoins sept coquilles dont le test a été travaillé, cinq *Cypraea* sp. dont le dernier tour a été découpé et deux *Strombus persicus*. L'étude du matériel coquillier travaillé de SWY 1 n'a pas encore été publiée.

Le test de coquille peut subir des altérations liées au milieu marin mais aussi lors de l'enfouissement en milieu terrestre. À la mort d'un mollusque, sa coquille peut être emportée par la mer et subir des modifications liées au ressac. Ces modifications se manifestent par l'usure des parties pointues et fines de la coquille. Elles constituent donc de bons indicateurs d'un ramassage de coquilles vides sur la plage.

6.2.4 Ecologie : milieu et étage

La rubrique « écologie » a été créée afin d'obtenir des informations sur les zones de collecte des mollusques marins. Pour cela, des données écologiques de différentes sources ont été utilisées (**Annexe 3**), permettant d'établir avec plus au moins de certitude la niche écologique de chaque espèce.

Dix-huit termes sont utilisés pour décrire les différents types de milieu et les étages (**Tab. 15 . Annexe 3**). Dans certains cas, notamment pour les espèces pouvant vivre dans deux milieux, deux modes écologiques sont proposés. Ainsi l'espèce *Ostrea* sp. peut vivre aussi bien dans la mangrove qu'en milieu rocheux.

Milieu	Etage
sableux	indéterminé
vaseux	infralittoral
rocheux	intertidal
sableux / vaseux	intertidal / infralittoral
aride	intertidal strict
indéterminé	terrestre
mangrove	
rocheux / graveleux	
rocheux / mangrove	
rocheux / sableux	
rocheux / vaseux	
vaseux / mangrove	

Tableau 15 : Liste des 18 termes définissant le milieu et l'étage

Pour la description des étages, les espèces appartenant strictement à l'étage intertidal (« intertidal strict ») et celles qui vivent généralement au sein de l'étage intertidal, mais que l'on peut occasionnellement trouver à des profondeurs plus importantes ont été différenciées. Dans le cas de l'étage « intertidal / infralittoral », il s'agit d'espèces vivant au sein des deux étages.

6.2.5 Remarque et divers

Plusieurs rubriques sont présentes sur les fiches afin de faciliter la consultation et la recherche des fiches. C'est le cas notamment de la rubrique « date », qui s'affiche automatiquement lors de la création de la fiche, et de la rubrique « remarques » qui permet d'enregistrer toute information qui n'est pas présente dans la fiche.

6.3 Méthode de quantification

Sur les sites étudiés, différentes méthodes de quantification ont été choisies. Ces méthodes sont celles qui sont couramment utilisées par les archéozoologues. Elles sont fondées sur les travaux de Poplin (1976b ; 1976a ; 1978-1979). J'ai fait le choix, lorsque le nombre de restes était suffisamment important, de privilégier le nombre de restes (ou NR) et le nombre minimum d'individus (ou NMI).

Le nombre de restes comprend tous les restes présents dans les ensembles, qu'il s'agisse de fragments, de restes quasi-entiers ou de tests complets. Cette méthode de quantification est la plus simple à réaliser mais est directement tributaire de la fragmentation. Le NR est donc peu représentatif du nombre d'individus sur les sites.

Afin de tenir compte du corpus de données initial (nombre de coquilles), j'ai choisi, lorsque cela a été possible, de privilégier l'utilisation du NMI de fréquence (Poplin, 1976b ; a). Pour chaque espèce, la partie de la coquille la plus représentée pour toutes les unités stratigraphiques a été recherchée et retenue pour le NMI. Cette méthode a été appliquée à tous les niveaux archéologiques afin d'éviter tout problème de migration de fragments de coquilles entre les différentes US. Lorsque leur écologie le permettait, plusieurs espèces appartenant au même genre ont été rassemblées, c'est le cas notamment pour le genre *Anadar*a dont les espèces sont très difficiles à différencier. Dans certain cas, la détermination pour ce genre se fait à partir du nombre de côtes sur la partie externe de la valve ce qui rend souvent impossible la détermination sur les sites archéologiques où les valves sont rarement entières. À l'inverse, certains fragments identifiés au rang de la sous-famille ou de la famille ont été éliminés pour éviter des erreurs dans le décompte des individus, en particulier lorsque certaines espèces de cette famille ont déjà été identifiées. Cette méthode permet d'éviter tout recouvrement dans le décompte et donc d'obtenir un nombre d'individus le plus proche du nombre réel d'individus.

6.4 Statistiques et analyses des données

Les informations quantitatives obtenues à partir des NMI et NR pour les différents sites étudiés ont été analysées et testées statistiquement (**Annexe 9**). Pour les représentations graphiques de type histogramme, le pas des différentes classes a été obtenu à partir d'un lissage de Kernel qui permet de réaliser des distributions se rapprochant le plus possible d'une loi Gaussienne.

Les échantillons ont, dans un premier temps, été testés afin de déterminer la normalité des distributions des tailles des opercules et de bivalves et, lorsque le résultat est positif, d'utiliser d'autres tests de type paramétrique. Le test d'Agostino a été utilisé pour déterminer la normalité des distributions. Ce test est souvent employé en archéologie (Chenorkian, 1996), il permet de tester les échantillons dont l'effectif est supérieur ou égal à 50.

Dans le cas de distributions « normales », différents tests ont été utilisés afin de comparer des distributions de taille ou des répartitions de restes coquilliers dans les niveaux archéologiques au sein d'un même site. Différents tests paramétriques « classiques » ont été employés (Schwartz, 1963 ; Chenorkian, 1996) tels que des coefficients de corrélation, tests de variance (test F de Fisher) et tests de comparaisons de moyenne (test T de Student et test de Cochran).

Dans le cas de distributions non « normales » ou soupçonnées d'être bi ou tri modales, une analyse des mixtures (ou analyse des mélanges) a été réalisée (Dong, 1997 ; Monchot, 1999 ; Monchot, 2002). Ce type d'analyse permet de déterminer le nombre de groupes caractérisés par une distribution normale, au sein d'une distribution globale hétérogène. Ces groupes sont modélisés de manière à obtenir des répartitions répondant à une loi gaussienne.

Plusieurs analyses factorielles des correspondances (AFC) sont présentées dans ce travail. Cette analyse permet d'étudier la structuration des données en fonction des variables ou de la composition des variables et d'en livrer une représentation graphique. Ces AFC ont été effectuées à partir du nombre minimum d'individus (SWY 1) et parfois à partir du nombre de restes (SWY 3). Les espèces ont été considérées comme des variables continues et les niveaux archéologiques en individus actifs.

Afin de déterminer la richesse et la diversité des différents échantillons malacologiques étudiés, les indices de richesse (ISO) et de diversité (indice de Simpson) ont été utilisés (Odum *et al.*, 1960). Ces indices sont calculés en fonction du nombre de taxons et du nombre d'individus ce qui permet de comparer différentes unités stratigraphiques.

PARTIE E : LES ASSEMBLAGES MALACOLOGIQUES COMME INDICATEURS DE LA COLLECTE ET DE L'ENVIRONNEMENT

Les assemblages malacologiques présentés dans cette partie proviennent de six sites archéologiques, couvrant une période entre le Néolithique et l'Âge du Bronze, et de sondages effectués, autour du village de Suwayh. À partir des référentiels écologiques et ethnologiques actuels présentés dans la partie B, je tenterai de préciser les méthodes de collecte et les milieux collectés des différentes espèces trouvées sur ces sites. Ces informations permettront d'établir les tendances évolutives des stratégies de collecte déployées par ces populations mais aussi l'importance de cette ressource alimentaire entre le Néolithique et l'Âge du Bronze. Les milieux de collecte étant très variables en fonction de la position de ces sites, j'ai choisi de présenter les résultats en fonction de la position géographique du Sud du Ja'alan puis en remontant le long de la côte vers le Nord. Ainsi, dans un premier temps, les résultats obtenus pour les sites de SWY 1 et SWY 3 seront présentés avec les sondages effectués dans la sebkha à proximité, et qui offrent un aperçu des espèces présentes dans la lagune pendant l'occupation des sites. Puis, j'exposerai les résultats obtenus pour KHB 1, RJ 1et 2 et enfin le site de HD 6.

7 Suwayh

Autour du village de Suwayh, trois types d'assemblages ont été étudiés, le site Néolithique de SWY 1, le site de l'Âge du Bronze de SWY 3 et enfin les sondages réalisés dans la sebkha, hors contexte archéologique. Ces trois ensembles sont présentés ici car ils offrent des images complémentaires de l'environnement côtier dans l'espace et le temps.

7.1 Le site de SWY 1, secteur 3

7.1.1 Corpus d'étude

Le matériel de SWY 1 comprend 29.033 restes répartis sur 29 unités stratigraphiques. Dans un premier temps, le matériel identifié a été décompté en nombre de restes par niveau archéologique. Il comprend 91 taxons identifiés et distribués dans deux classes gastéropodes et bivalves, certains fragments ont été déterminés au niveau des genre, de la sous-famille ou de la famille. Il n'y a que 47 restes indéterminés à la famille. La plupart des niveaux ont un nombre de restes (ou NR) assez important, excepté le niveau 23 avec seulement 156 restes ; il s'agit d'une unité stratigraphique comportant une majorité de restes de poissons (observations de terrain).

Cependant, compte tenu de la forte fragmentation des restes coquilliers, l'utilisation du nombre minimal d'individu (ou NMI) de fréquence a été privilégiée.

Il est apparu très difficile d'étudier les restes d'*Ostrea* sp. de la même manière que les autres fragments de coquilles. En effet, cette espèce est très mal conservée sur le site. Sa coquille a tendance à se déliter sous la forme de feuillets. Ce phénomène est accentué par la forte fragmentation liée à la consommation et probablement au piétinement. Cette espèce est présente en très grande quantité dans certains niveaux. Il était beaucoup trop onéreux de rapporter le matériel en France, j'ai donc décidé de peser le matériel par niveau archéologique.

Après estimation du NMI (**Annexe 4.3 et 4.4**), on obtient un nombre minimal d'individus de 17.135, répartis dans 91 taxons (**Tab. 16**). Ces derniers sont révélateurs de quatre milieux principaux : sableux, rocheux, vaseux (de type lagunaire) et mangrove. L'indice de diversité de Simpson, dont la valeur maximale est 1, indique une forte diversité au sein du site avec une valeur de 0,82.

Taxons	Milieu	NMI	%
GASTEROPODES			
Columbella aspersa	indéterminé	1	0,01
Crepidula walshi		3	0,02
Cymatium sp.		16	0,09
Fusinus towsendi		1	0,01
Tutufa bardeyi		1	0,01
Cassidula nucleus	mangrove	4	0,02
Melampus castaneus		3	0,02
Terebralia palustris		500	2,92
Anachis faurati	rocheux	6	0,04
Beguinat gubernaculum		1	0,01
Cantharus undosus		1	0,01
Clanculus sp.		2	0,01
Clypeomorus bifasciatus		39	0,23
Cronia cf. *margariticola*		4	0,02
Cypraea sp.		736	4,3
Diodora singaporensis		1	0,01
Engina alveolata		7	0,04
Engina mendicaria		17	0,1
Euchelus cf. *asper*		7	0,04
Hexaplex kuesterianus		54	0,32
Lunella coronata		2804	16,36
Mitrella blanda		48	0,28
Morula granulata		3	0,02
Murex scolopax		1	0,01
Nassarius marmoreus		9	0,05
Purpura panama		2	0,01
Scutus unguis		1	0,01
Strigatella litterata		1	0,01
Thais lacera		256	1,49
Thais savignyi		8	0,05
Thais tissoti		119	0,69
Trochus erithreus		17	0,1
Littoraria intermedia	rocheux / mangrove	200	1,17
Nerita sp.		286	1,67
Cantharus spiralis	rocheux / sableux	1	0,01
Strombus mutabilis		3	0,02
Osilinus kotschyi	rocheux / vaseux	32	0,19
Planaxis sulcatus		61	0,36
Architectonica sp.	sableux	7	0,04
Babylonia spirata		1	0,01
Bullia mauritania		2	0,01
Cerithium nodulosum adansonii		1	0,01
Conus miles		1	0,01
Impages hectica		1	0,01
Mitra aurantia aurantia		1	0,01
Mitra aurantia subruppeli		1	0,01

Taxons	Milieu	NMI	%
GASTEROPODES			
Nassarius arcularia plicatus	sableux	4	0,02
Nassarius coronatus		15	0,09
Nassarius splendidulus		3	0,02
Natica cernica		1	0,01
Natica pulicaris		2	0,01
Oliva bulbosa		14	0,08
Pleurocopa trapezium		1	0,01
Polinices cf. *aurantius*		39	0,23
Prunum terverianum		6	0,04
Rhinoclavis kochi		1	0,01
Strombus gibberulus		2	0,01
Strombus persicus		68	0,4
Tivela ponderosa		8	0,05
Tonna sp.		2	0,01
Turritella sp.		1	0,01
Umbonium vestiarium		6	0,04
Ancilla castanea	sableux / vaseux	9	0,05
Cerithium scabridum		76	0,44
Cerithidea cingulata	vaseux	134	0,78
Nassarius persicus		17	0,1
Potamides conicus	vaseux / mangrove	1	0,01
BIVALVES			
Meropesta pellucida	indéterminé	1	0,01
Paphia undulata		1	0,01
Barbatia foliata / decussata	rocheux	66	0,39
Barbatia oblicata		45	0,26
Chlamys senatoria		4	0,02
Chlamys towsendi		3	0,02
Isognomon sp.		1	0,01
Noetiella chesneyi		654	3,82
Pinctada sp.		2	0,01
Trapezium sublaevigatum		6	0,04
Asaphis violascens	rocheux / graveleux	2	0,01
Mactra lilacea	sableux	1	0,01
Anadara sp.	sableux / vaseux	107	0,62
Dosinia insularum		2	0,01
Amiantis umbonella	vaseux	2255	13,16
Anodontia edentula		1	0,01
Circenita callipiga		1	0,01
Lutraria australis		4	0,02
Marcia marmorata		5956	34,76
Marcia opima		1420	8,29
Meretrix sp.1		803	4,69
Plagiocardium pseudolima		5	0,03
Protapes sp.		114	0,67
Ostrea sp.	rocheux / mangrove	**10832 g.**	
TOTAL	17135		

Tableau 16 : Nombre minimal d'individus (ou NMI) et pourcentage pour les 91 taxons de SWY 1 avec les milieux associés, toutes unités stratigraphiques (US) confondues.

Avec un NMI de 17135 individus et 91 taxons, le site de SWY 1 présente une forte diversité. Ces restes, répartis en 29 unités stratigraphiques, permettent d'obtenir une vision diachronique de la faune malacologique du site entre le 6e et la fin du 5e millénaire av. J.-C.

7.1.2 Etat de conservation du matériel

D'une manière générale, le matériel de SWY 1, excepté pour les huîtres, est très bien conservé et plus particulièrement celui provenant du secteur 3, prélevé au centre du site. Les altérations de surface sont très rares.

Seulement deux traces de brûlures ont été dénombrées pour la totalité du secteur 3. Ces traces de passage au feu ne sont pas des indicateurs de cuisson, car la préparation de coquillages pour la consommation ne laisse pas de traces sur le test (Chenorkian, 1990). Les fragments portant des traces de brûlures indiquent donc un contact long et direct avec les flammes, peu compatible avec la consommation. Dans le cas présent, il est probable que les coquilles, après leur consommation, ont été fortuitement mises en contact avec le feu.

Seulement quatre fragments de coquilles, soit moins de 1%, ont été « roulés » par la mer. La collecte des mollusques marins visait donc bien, en premier lieu, la consommation de la chair.

7.1.3 Fragmentation

D'un niveau à l'autre, les variations des trois types de fragments, entier, quasi-entier et fragmenté, semblent très importantes (**Fig. 40**). Toutefois, l'examen des types de fragments en fonction des classes (Gastropoda et Bivalvia), fait ressortir certaines corrélations.

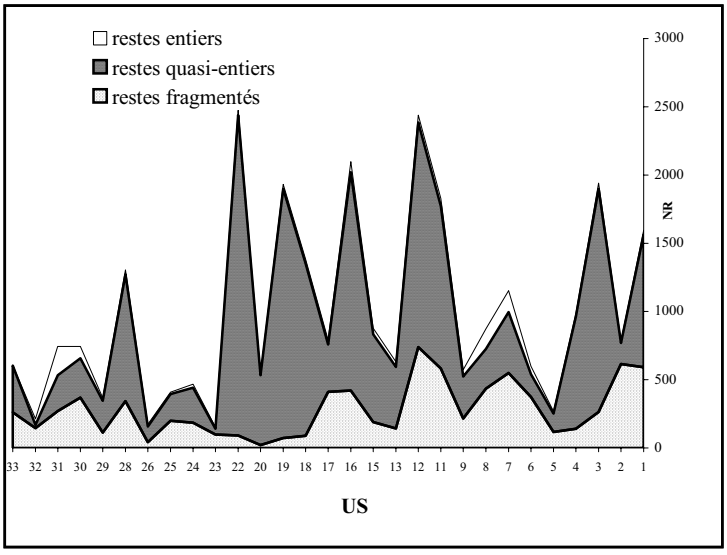


Figure 40 : Effectifs cumulés des restes fragmentés (Frag.), entiers (E.) et quasi-entiers (Q.E.) des gastéropodes et bivalves par US, pour le site de SWY 1.

La corrélation entre la fragmentation quantifiée par le nombre de restes coquilliers fragmentés et la fréquence du nombre d'individus de la classe des bivalves, par unités stratigraphiques n'est pas significative ($r = 0,04$; $ddl = 27$; $p<0,01$; détail du calcul en **Annexe 4.5**). Seul le niveau 17 comprend un nombre très élevé de bivalves fragmentés qui s'explique par leur surreprésentation par rapport aux gastéropodes.

Le degré de corrélation entre la fragmentation quantifiée par le nombre de restes coquilliers fragmentés par unités stratigraphiques, et la fréquence du nombre d'individus de la classe des gastéropodes a aussi été testé. On obtient $r = 0,9$ ($ddl =27$) soit une corrélation hautement significative ($p<0,01$; **Annexe 4.5**). Cette forte fragmentation des gastéropodes est probablement liée à leur consommation. La consommation d'un gastéropode implique la fracturation de la coquille afin de récupérer la chair en particulier lorsqu'ils sont consommés crus et qu'ils disposent d'un opercule corné ou calcifié (*Lunella coronata*) comme c'est le cas pour la majorité des espèces de SWY 1. En effet, l'opercule obstrue entièrement l'accès à la chair du mollusque et induit la fracture systématique de la coquille.

La fréquence du nombre de restes total « quasi-complets » est étroitement corrélée ($r = 0,93$ avec un $ddl = 27$ soit $p<0,01$; **Annexe 4.5**) avec la fréquence des individus de la classe des bivalves. Cette forte corrélation peut s'expliquer de différentes façons :

Une meilleure conservation des bivalves, principalement des vénéridés, liée à l'épaisseur importante du test. La plupart des espèces de la famille des Veneridae possèdent une coquille très solide comme c'est le cas pour *Amiantis umbonella* et *Meretrix* sp.1 qui ont un test très épais, lié à leur grande taille.

- La cuisson des bivalves permettant l'ouverture des coquilles et limitant donc la fragmentation.
- L'utilisation d'outils pour l'ouverture de la coquille entraînant une légère fragmentation de la partie postérieure dans la zone d'insertion du muscle adducteur sur de nombreuses coquilles.
- Des observations de V. Charpentier (Charpentier *et al.*, 2004) indiquent une réutilisation de certaines valves pour la fabrication d'outils dont le tranchant serait constitué par la partie postérieure (**cf. 2.3.3**).

Le nombre de tests entiers ne représente que 5% de la totalité des restes soit 1435 tests entiers sur 29.033 restes. Sur ces 1435 coquilles entières, 544 sont des gastéropodes et 891 sont des bivalves.

Pour les bivalves entiers, 72% appartiennent à l'espèce *Noetiella chesneyi*. Ce bivalve est certes de petite taille, mais le grand nombre de tests entiers pourrait indiquer l'utilisation d'un mode de cuisson permettant l'ouverture des valves sans altérer la coquille.

Dans le cas des gastéropodes (**Annexe 4.1**), les taxons *Cerithium scabridum, Clypeomorus bifasciatus, Engina mendicaria*, *Nassarius* sp. et autres taxons de taille inférieure à 2 cm sont dits « accompagnateurs » (Claassen, 1998). Leur chair n'a donc pas été consommée.

Le fort pourcentage de coquilles de *Nerita* sp. entières (**Annexe 4.1**) s'explique par le fait que la forme de la coquille caractérisée par une très grande ouverture n'implique pas forcément une fracturation du test pour la consommation.

Les variations des différents types de restes « entiers », « quasi-complets » et « fragmentés » sont donc étroitement liées aux variations des espèces des différents niveaux archéologiques. Elles permettent, dans certain cas, de faire des observations sur la conservation et les modes de consommation des coquillages.

7.1.4 Structuration écologique et chronologique des spectres taxonomiques

Afin de déterminer s'il existe une corrélation entre les milieux exploités et le déroulement du temps et, si c'est le cas, afin de savoir quels sont les taxons les plus significatifs de cette évolution parmi les 91 répertoriés à SWY 1, j'ai choisi d'effectuer une analyse factorielle des correspondances (ou AFC) à partir du NMI (**Tab. 17** et **Annexe 4.6**). Cette AFC porte sur 91 variables (taxons) et 29 individus (US). J'ai choisi de ne pas présenter ici la description de chacun des facteurs (**Annexe 4.6.1**) car le très grand nombre de variables et d'individus rend l'interprétation très difficile.

Seulement dix espèces présentent des contributions supérieures à 0,5 sur les 5 premier axes de l'analyse factorielle des correspondances (**Annexe 4.6.2**). Ces espèces sont : *Marcia marmorata*, *Amiantis umbonella, Marcia opima, Meretrix* sp.1, *Noetiella chesneyi, Terebralia palustris, Lunella coronata, Cypraea* sp., *Nerita* sp. et *Littoraria intermedia*.

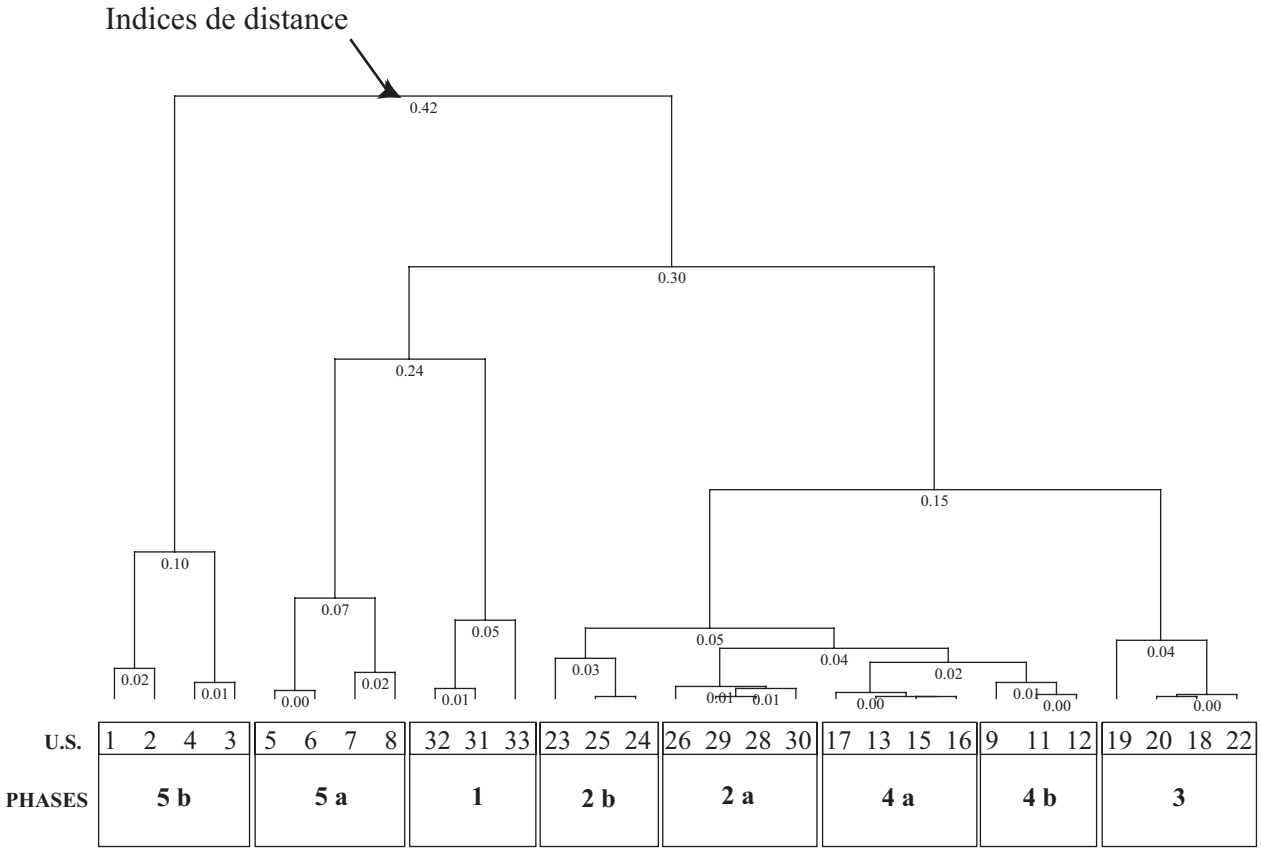


Figure 41 : Classification hiérarchique directe effectuée à partir d'une analyse factorielle des correspondances comprenant la totalité des espèces de SWY 1 (excepté les huîtres). On observe le rapprochement de différentes US, formant des regroupements cohérents.

	COORDONNEES				CONTRIBUTIONS				COS²			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
BIVALVES												
Marcia marmorata	-0,58	-0,37	0,23	0,22	23,5	12,6	7,5	8,3	0,58	0,23	0,09	0,08
Amiantis umbonella	0,16	-0,26	0,08	0,15	0,7	2,4	0,4	1,5	0,05	0,14	0,01	0,05
Marcia opima	1,44	-0,25	0,48	0,05	33,9	1,4	8	0,1	0,79	0,02	0,09	0
Meretrix sp.1	1,83	-0,23	0,35	-0,39	31	0,7	2,4	3,6	0,85	0,01	0,03	0,04
Noetiella chesneyi	-0,36	2,57	1,16	-0,02	1	67,8	21	0	0,02	0,81	0,17	0
GASTEROPODES												
Lunella coronata	-0,12	0,1	-0,49	-0,65	0,5	0,4	15,8	35,7	0,02	0,01	0,32	0,57
Cypraea sp.	-0,45	0,34	-0,2	-0,41	1,8	1,4	0,7	3,7	0,19	0,11	0,04	0,16
Terebralia palustris	0,99	0,85	-1,21	1,46	5,6	5,7	17,5	31,9	0,16	0,12	0,24	0,35
Nerita sp.	0,25	0,53	-1	0,45	0,2	1,2	6,8	1,7	0,03	0,12	0,42	0,09
Littoraria intermedia	0,07	0,76	-1,42	0,78	0	1,8	9,6	3,6	0	0,11	0,39	0,12

Tableau 17 : Résultats de l'analyse factorielle des correspondances effectuée sur les US et sur la totalité des taxons de SWY 1.

Pour situer les différentes ruptures au sein de la séquence stratigraphique, j'ai réalisé une classification hiérarchique directe sur les coordonnées de l'AFC. Cette classification montre des regroupements comprenant 3 à 4 US, cohérents par rapport à la succession chronostratigraphique (**Fig. 41**). Ainsi on peut définir cinq phases principales dans la collecte humaine sur ce site. Pour certaines de ces phases, sur la base de l'analyse hiérarchique, j'ai choisi d'effectuer des sous-divisions qui permettent d'expliquer la dynamique de ces phases.

L'AFC des espèces malacologiques de SWY 1 met en évidence l'importance statistique de 10 taxons principaux. Ces taxons sont déterminants pou la compréhension de l'évolution du spectre malacologique. La classification hiérarchique sur les coordonnées de l'AFC indique une structuration des unités stratigraphiques très cohérente par rapport à la chronologie qui atteste d'une bonne fiabilité paléoécologique et permet de définir cinq phases et huit sous-phases.

7.1.5 Description des phases

Afin de visualiser cette évolution, j'ai choisi de présenter les résultats sous la forme d'un diagramme (**Fig. 42**) résumant les variations de fréquence des 10 principales espèces précédemment évoquées (**Annexe 4.6**) ainsi que le poids d'huîtres pour chaque US. J'ai choisi de ne pas présenter ni utiliser les autres espèces du spectre car elles présentaient des variations similaires à l'une des dix principales correspondant au même milieu. De plus, leur présence quasi anecdotique pouvait être considérée comme intrusive, c'est-à-dire liée à des

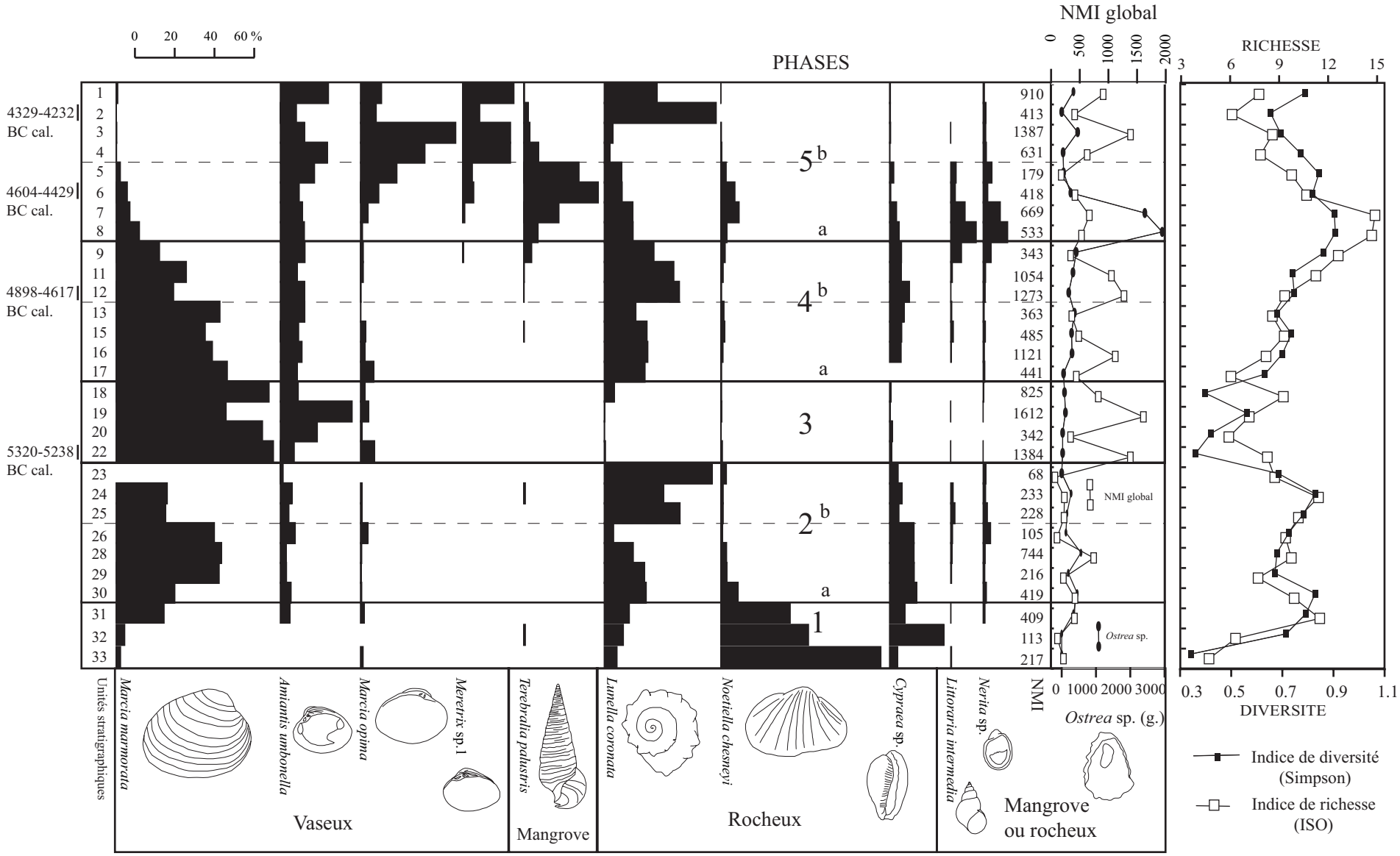


Figure 42 : Diagramme malacologique de SWY1 (pourcentage par US). Seules les 10 espèces principales sont représentées. Les huîtres sont présentées en gramme par US. Les indices de richesse (ISO) et de diversité (Simpson) sont indiqués à droite et le NMI global est présenté avec les huîtres. Les US 10, 14, 21 et 27 sont des US de nettoyage.

perturbations. Enfin l'origine anthropique de ces accumulations rend impossible toute interprétation en termes d'associations naturelles.

Pour chaque unité stratigraphique, le pourcentage d'espèces a été calculé ainsi que l'indice de Simpson, révélateur de la diversité de l'échantillon. Les indices de richesse et de diversité calculés pour les différentes US confirment les observations effectuées lors de la description des phases. Une première observation du diagramme (**Fig. 42**) montre une forte corrélation ($r = 0,69$ avec un ddl = 27 soit $p<0,01$) entre les courbes de richesse et de diversité.

Parmi toutes ces espèces, notamment *Littoraria intermedia,* certaines sont dites « accompagnatrices », c'est-à-dire des espèces ramassées de manière non intentionnelle et souvent de taille inférieure à 2 cm.

Comme évoqué précédemment, le taxon *Ostrea* sp. n'a pu être déterminé au rang spécifique, ni décompté, du fait de la forte fragmentation des valves. Aussi les résultats quantifiés seront commentés et présentés en grammes par US.

7.1.5.1 La phase 1

Cette phase comprend les trois unités stratigraphiques les plus anciennes (US 33, 32 et 31) et totalise un nombre minimal de 739 individus soit 4,3% du total (**Annexe 4.4**). Elle est dominée par *Noetiella chesneyi* et secondairement par *Cypraea* sp. et *Lunella coronata* et avec seulement 344 g de coquilles d'huîtres.

L'unité stratigraphique 33, à la base du site, comprend un nombre minimum d'individus de 217. Elle est caractérisée par un très grand nombre de mollusques caractéristiques du milieu rocheux essentiellement l'espèce *Noetiella chesneyi* qui représente 81% du nombre d'individus pour l'US 33. Deux autres espèces du milieu rocheux sont présentes au sein de ce niveau, il s'agit de *Cypraea* sp. avec 4% et *Lunella coronata* avec 6%.

Les espèces de la lagune *Marcia marmorata* 2% *et Marcia opima* 1% sont sous-représentées avec respectivement 2 et 1%. Les coquilles d'huîtres sont absentes de l'US.

L'indice de Simpson est très faible à 0,34 et confirme les observations concernant la prédominance de quelques espèces et plus particulièrement de *Noetiella chesneyi* au sein du spectre malacologique.

L'unité stratigraphique 32 comprend 113 individus et se définit par la présence toujours élevée de taxons du milieu rocheux mais dans des proportions différentes et par l'absence totale de coquilles d'huîtres. La fréquence relative de l'espèce *Noetiella chesneyi* a diminué

avec 50 individus soit 44% à l'inverse de l'espèce *Cypraea* sp. dont la fréquence a légèrement augmenté avec 31 individus soit 27%. Le nombre d'individus pour *Lunella coronata* reste proche de celui de l'US 33 avec 11 individus. L'indice de Simpson est de 0,7 et indique une diversité beaucoup plus élevée que pour l'US 33.

L'unité stratigraphique 31 comprend 409 individus. Elle est caractérisée par une faible apparition des huîtres, ainsi qu'une augmentation du nombre de coquilles de *Marcia marmorata* avec 143 individus soit 24% ainsi que de l'espèce *Amiantis umbonella* précédemment absente du spectre malacologique. Le milieu rocheux est toujours majoritaire, il est représenté par les individus des taxons *Noetiella chesneyi* avec 143 individus soit 35%, *Lunella coronata* avec 52 individus soit 13% et *Cypraea* sp. avec 32 individus soit 8%. L'indice de diversité de Simpson augmente de nouveau jusqu'à 0,79. Les huîtres font leur apparition à la fin de la séquence.

Cette phase se définit par une dominance des espèces de milieu rocheux principalement de Noetiella chesneyi *qui ne réapparaîtra pas en si grande quantité dans le reste de la séquence, puis par une augmentation progressive du nombre d'individus de* Marcia marmorata*, qui passe de 5 pour l'US 33 à 99 pour l'US 31 ainsi que de* Lunella coronata *qui passe de 14 (US 33) à 52 (US 31). Le nombre d'individus du taxon* Noetiella chesneyi *qui était majoritaire dans l'US 33 (175 individus) décroît légèrement à la fin de la phase 1. Les huîtres font leur apparition en petite quantité à la fin de la séquence.*

7.1.5.2 La phase 2

Cette phase se caractérise globalement par la dominance de *Marcia marmorata* et *Lunella coronata* accompagnées secondairement de *Cypraea* sp. et *Amiantis umbonella*. Les huîtres sont toujours présentes mais dans des quantités très faibles. La phase comprend sept unités stratigraphiques divisées en deux « sous-phases a et b ».

La phase 2a inclut quatre unités stratigraphiques (US 30, 29, 28 et 26) et la phase 2b trois unités (US 25, 24 et 23). Au total, 2013 individus soit 11,7% du total et 1748 g d'huîtres, se répartissent au sein de la totalité de cette phase (**Annexe 4.4**).

La phase 2 a

L'unité stratigraphique 30 se compose de 419 individus et de 452 g d'huîtres. L'espèce de la lagune *Marcia marmorata* domine avec 124 individus (30%) ainsi que deux espèces du

milieu rocheux : *Lunella coronata* avec 89 individus soit 21% et *Cypraea* sp. avec 58 individus soit 14%. L'espèce de la lagune *Amiantis umbonella* est présente en petite quantité avec 23 individus soit 5%. Par contre, le nombre d'individus de l'espèce rocheuse *Noetiella chesneyi* diminue beaucoup par rapport à la phase 1 US 31 et passe de 35% avec 143 individus à 9% avec 37 individus. Le poids d'huîtres est peu élevé avec seulement 452 g. L'indice de Simpson indique une diversité assez élevée avec une valeur de 0,83.

Pour les unités stratigraphiques suivantes (US 29 où N=216 et 28 où N=744), les proportions d'espèces sont très similaires à l'US 30 avec toujours une décroissance des individus de l'espèce *Noetiella chesneyi* dont le nombre est très inférieur à celui que l'on peut voir pour la phase 1. Notons tout de même la présence d'huîtres en quantité plus importante avec 567 g que dans les US précédentes. La diversité est plus faible que pour l'US 30 avec une valeur de 0,67 pour les deux US.

À la fin de la phase 2a avec US 26 qui comprend 105 individus, le nombre d'individus de l'espèce *Lunella coronata* passe de 109 individus pour l'US 28 à 5 individus. Le poids d'huître est peu élevé avec seulement 121 g. L'indice de diversité Simpson s'élève à 0,72 et indique une diversité plus élevée que pour les US 29 et 28.

La phase 2a se caractérise par une dominance des espèces Marcia marmorata *et* Amiantis umbonella *provenant de la lagune et du milieu rocheux avec* Lunella coronata *et* Cypraea *sp.*

La phase 2 b

Les unités stratigraphiques 25 et 24 sont très proches l'une de l'autre avec un indice de distance de 0 dans la classification hiérarchique directe. L'espèce *Lunella coronata* est majoritaire avec 87 et 70 individus pour les US 25 et 24. Les proportions de l'espèce *Marcia marmorata* diminuent par rapport à la phase 2a. Les restes d'huîtres sont peu nombreux. Ils représentent 149 et 273 g. pour les US 25 et 24. Les indices de diversité sont plutôt élevés avec respectivement 0,7 et 0,8.

La fin de la phase 2b avec l'US 23 comprend 68 individus, elle est marquée par l'absence d'individu de l'espèce *Marcia marmorata* et *Ostrea* sp. qu'il faut peut-être mettre en relation avec le faible nombre de restes coquilliers. L'indice de diversité diminue avec seulement 0,6.

La phase 2b comprend principalement les espèces Marcia marmorata *du milieu lagunaire et* Lunella coronata *du milieu rocheux mais contrairement à la phase 2a, c'est la seconde qui domine. Le milieu rocheux domine le spectre malacologique de la phase 2b avec principalement l'espèce* Lunella coronata.

7.1.5.3 La phase 3

Les unités stratigraphiques 22, 20, 19 et 18 définissent cette phase qui comprend un total de 4163 individus soit 24,3% du total et 234 g d'huîtres. Elle se définit par un fort taux de *Marcia marmorata* et d'*Amiantis umbonella* avec des indices de diversité très faibles compris entre 0,36 et 0,55 (**Annexe 4.4**).

L'unité stratigraphique 22 comprend 1384 individus, elle se définit par un très grand nombre d'individus de l'espèce *Marcia marmorata* avec 1096 individus soit 79% ainsi que d'autres espèces du milieu lagunaire telles que *Marcia opima* avec 99 individus et *Amiantis umbonella* avec 98 individus. Les espèces du milieu rocheux sont peu représentées dans le spectre malacologique, comptabilisant seulement 3% du total de l'US et se répartissant parmi trois espèces *Cypraea* sp., *Lunella coronata* et *Noetiella chesneyi* mais avec très peu d'huîtres.

Les unités stratigraphiques 20 avec 342 individus, 19 avec 1612 individus et 18 avec 825 individus sont assez proches de l'unité 22 avec néanmoins quelques différences dans la proportion des espèces. Le nombre d'individus d'*Amiantis umbonella* augmente pendant l'US 19.

Cette phase indique une très forte prédominance des espèces du milieu lagunaire qui représentent 3887 individus sur un total de 4163 pour toute la phase (soit 93%). Le nombre d'espèces provenant du milieu rocheux est très faible.

7.1.5.4 La phase 4

Cette phase est définie par sept unités stratigraphiques qui regroupent un total de 5080 individus soit 29,6% du total (**Annexe 4.4**). Elle se caractérise par une dominance conjointe de *Marcia marmorata* et de *Lunella coronata*, avec secondairement *Amiantis umbonella, Cypraea* sp. et *Ostrea* sp. Dans cette phase, on note une rupture entre les US 13 et 12, correspondant à une augmentation de *Lunella coronata* et une diminution de *Marcia*

marmorata. Cette phase est donc divisée en deux sous-phases a (US 17, 16, 15 et 13) et b (US 12, 11 et 9).

La phase 4 a

Les US 17 avec 441 individus et 16 avec 1121 individus disposent d'un très grand nombre d'individus de l'espèce *Marcia marmorata* qui représentent respectivement 56 et 49% et de l'espèce *Lunella coronata* avec 21 et 22%. Le poids d'huître pour l'US 17 est très faible avec seulement 57 g mais il augmente brusquement pour l'US 16 pour atteindre 300 g. Les indices de diversité (0,6) pour ces deux US sont un peu plus élevés que pour les US de la phase précédente. Ces deux US indiquent une certaine stabilité des proportions avec une légère différence qui s'observe dans le poids d'huître.

L'US 15 comprend 485 individus, elle indique une légère diminution des proportions des individus de l'espèce *Marcia marmorata*. Les proportions des autres espèces restent similaires aux proportions des US 17 et 16. Le poids d'huître est proche de celui observé pour l'US 16 avec 285 g et l'indice de diversité augmente légèrement et s'élève à 0,7.

Dans l'US 13 comprenant 363 individus, les proportions de *Marcia marmorata* augmentent de nouveau pour atteindre un pourcentage de 52%, par contre les proportions de l'espèce *Lunella coronata* diminuent légèrement et passent de 22 % pour l'US 15 à 16%. L'indice de diversité diminue de nouveau et atteint seulement 0,6.

D'une manière générale les proportions d'espèces pour la phase 4a sont assez stables avec une prédominance de Marcia marmorata, Lunella coronata *et* Amiantis umbonella*. On observe quelques variations pour* Marcia marmorata *(US 15) et* Lunella coronata *(US 13).*

Cette phase est donc principalement composée de taxons du milieu lagunaire avec Marcia marmorata *et* Amiantis umbonella *mais aussi du milieu rocheux avec* Lunella coronata*.*

La phase 4 b

L'US 12 avec 1273 individus se définit par une forte décroissance des proportions de l'espèce *Marcia marmorata* qui passe de 52% pour l'US 13 à 29%. Cette décroissance s'accompagne d'une augmentation des proportions de l'espèce *Lunella coronata* avec 38%. Le poids d'huîtres est assez faible avec seulement 201 g et l'indice de diversité augmente légèrement pour atteindre 0,7.

Les proportions d'espèces pour l'US 11 avec 1054 individus sont proches de celles que l'on peut observer pour l'US 12 avec néanmoins une légère augmentation des proportions d'individus de l'espèce *Marcia marmorata* avec 35%. Le poids d'huître augmente légèrement à 331 g. L'indice de diversité est toujours à 0,7.

L'US 9 comprenant 343 individus confirme les observations faites pour l'US 12 avec de nouveau une diminution des individus de l'espèce *Marcia marmorata* avec 75 individus soit 22% accompagné d'une légère diminution de *Lunella coronata* avec 86 individus soit 25%. Le poids d'huître continue d'augmenter et atteint 430 g. L'indice de diversité augmente jusqu'à 0,8 et indique donc une forte diversité d'espèces.

On observe pour la phase 4b, une diminution très progressive des individus de l'espèce Marcia marmorata *appartenant au milieu lagunaire et, dans un premier temps, une augmentation de l'espèce rocheuse* Lunella coronata *suivie dans un deuxième temps de sa diminution. Les indices de diversité de ces US augmentent progressivement et passent de 0,7 à 0,8 pour l'US 9. Le poids d'huître augmente lui aussi avec 201 pour l'US 12 et 430 pour l'US 9.*

7.1.5.5 La phase 5

Cette phase se définit par huit US comptabilisant au total 5140 individus soit 30% du total et 6528 g. d'huîtres. La phase 5 se caractérise par la brusque diminution puis disparition de l'espèce *Marcia marmorata* qui dominait jusqu'à présent la séquence, mais aussi par l'apparition et l'augmentation des espèces *Ostrea* sp., *Terebralia palustris, Marcia opima* et *Meretrix* sp.1 et secondairement par *Littoraria intermedia*, *Nerita* sp. et la réapparition de *Noetiella chesneyi*. C'est donc un grand changement que l'on peut observer par rapport à la phase 4. La phase 5b se différencie de la phase 5a par l'importante augmentation des espèces *Marcia opima* et *Meretrix* sp.1 et par la disparition de *Terebralia palustris*, *Littoraria intermedia* et *Nerita* sp. Ces fortes variations ont donc conduit à la sub-division en deux sous-phases a et b (**Annexe 4.4**).

La phase 5 a

L'unité stratigraphique 8 totalise 533 individus qui se répartissent de manière similaire entre cinq espèces : deux du milieu rocheux, *Lunella coronata* avec 78 individus soit 15% et *Nerita* sp. avec 66 individus soit 12%, deux du milieu lagunaire, *Marcia marmorata* avec 63

individus soit 12% et *Amiantis umbonella* avec 65 individus soit 12%, ainsi que *Littoraria intermedia*, espèce pouvant appartenir au milieu rocheux ou à la mangrove avec 69 individus soit 15%. L'augmentation de *Littoraria intermedia* coïncide avec l'apparition de l'espèce *Terebralia palustris* avec 39 individus soit 7% qui vit uniquement dans la mangrove.

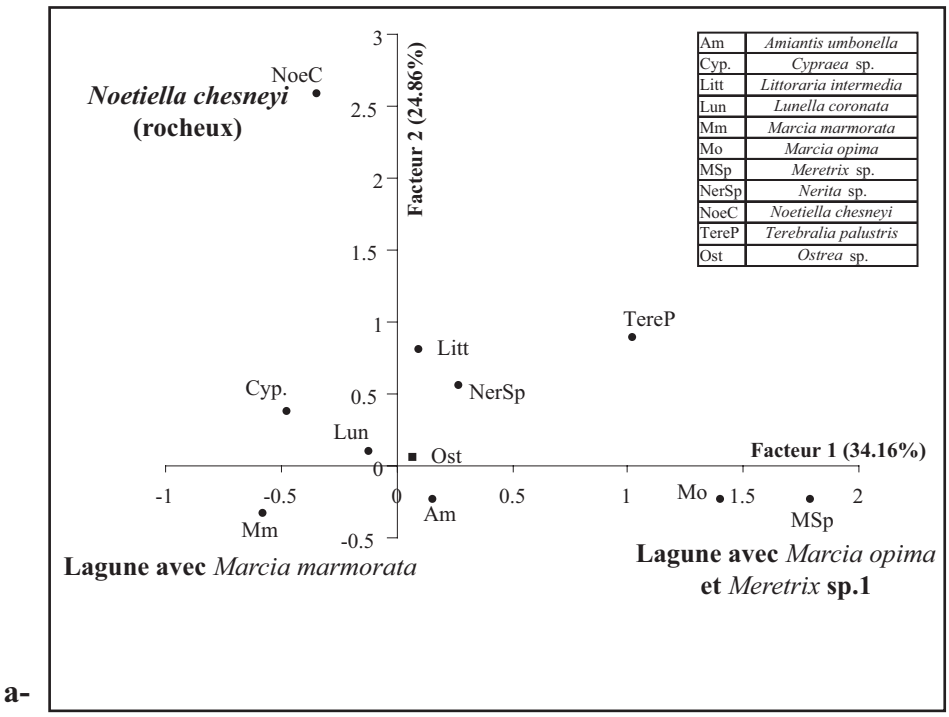
Notons également, une très forte augmentation du poids de coquilles d'huître qui atteint le maximum de la séquence avec 2934 g. et notamment la présence d'une valve d'huître portant l'emprunte d'une racine de palétuvier, ici l'emprunte d'un pneumatophore *d'Avicennia marina*. Cette apparition des espèces de mangrove s'accompagne d'un indice de diversité très élevé de 0,9, probablement lié à la présence d'un nouveau milieu.

L'unité stratigraphique 7 comprend 669 individus. Elle est marquée par une augmentation de *Terebralia palustris* avec 119 individus soit 18%. *Lunella coronata* est toujours présente avec 97 individus soit 14%. *Amiantis umbonella* est la principale espèce du milieu lagunaire avec 75 individus soit 11%, par contre *Marcia marmorata* continue de décroître avec seulement 47 individus soit 7%. Notons l'apparition d'une nouvelle espèce, *Meretrix* sp.1 avec 8 individus soit 1%. Le poids d'huître est toujours très élevé avec 2422 g ainsi que l'indice de diversité avec 0,9.

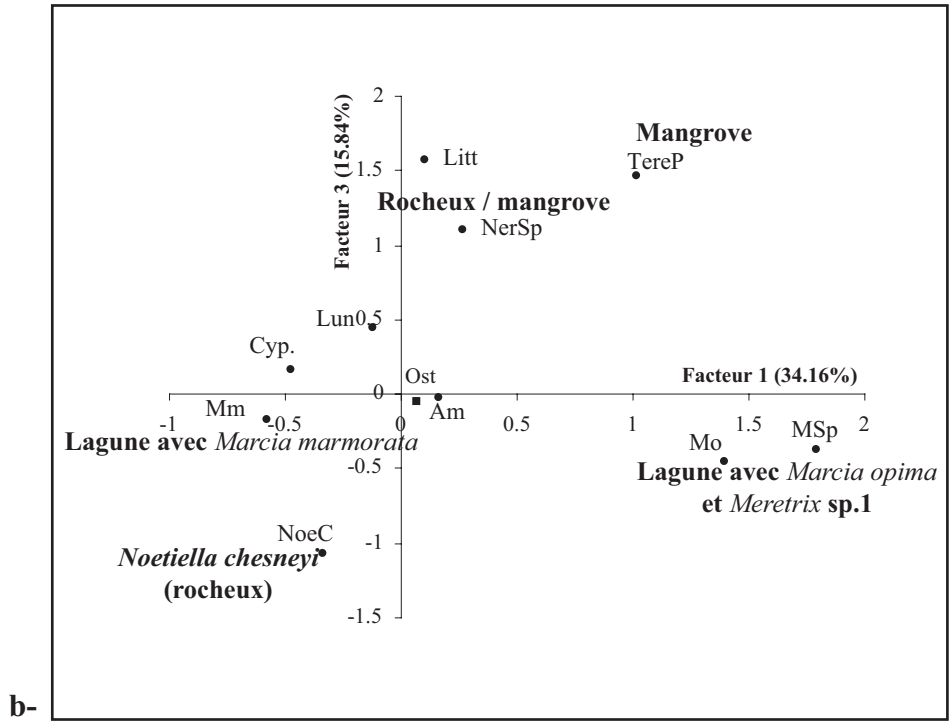
L'unité stratigraphique 6 comprend 418 individus, elle montre une amplification dans la proportion d'individus de l'espèce *Terebralia palustris* avec 157 individus soit 38% ainsi que pour l'espèce *Marcia opima* avec 39 individus soit 9%. Par contre, les proportions des espèces *Lunella coronata* avec 9% et *Marcia marmorata* avec 6% diminuent par rapport à l'US 7. Le poids d'huître diminue aussi fortement et passe de 2422 g à seulement 259 g. L'indice de diversité diminue légèrement à 0,8.

La tendance observée pour l'US 6 avec 179 individus se confirme dans l'US 5 avec un renforcement des proportions du nombre d'individus de *Marcia opima* soit 18%. Les proportions de *Terebralia palustris* soit 28%, *Lunella coronata* soit 9% et *Amiantis umbonella* soit 17% restent assez similaires par rapport à l'US 6. Le poids d'huître est de nouveau très faible avec seulement 51 g. L'indice de diversité reste stable avec 0,8.

Cette phase indique une diminution du nombre d'individus de l'espèce Marcia marmorata *et une croissance du nombre d'individus de l'espèce* Marcia opima *ainsi que l'apparition d'une nouvelle espèce* Meretrix *sp. 1 inféodée elle aussi à la lagune. On observe donc un bouleversement dans la répartition des espèces du milieu lagunaire. Cette modification s'effectue conjointement avec la survenue de taxons caractéristiques de la mangrove comme* Terebralia palustris*, l'huître de mangrove et* Littoraria intermedia *qui peut aussi être inféodée à ce milieu.*



a-



b-

Figure 43 : Analyse factorielle des correspondances effectuée à partir des 10 principales espèces de SWY 1
a- Facteur 1 et 2
b- Facteur 1 et 3
Deux tendances se distinguent sur le facteur 1 avec en négatif la lagune avec *Marcia marmorata* et en positif la lagune avec *Marcia opima* et *Meretrix* sp.1
Sur le facteur 2, on observe une opposition entre la lagune et le milieu rocheux
Le facteur 3 marque l'opposition rocheux et mangrove.

La phase 5 b

L'US 4 comprend 631 individus. Elle se définit par une augmentation des proportions d'individus des espèces *Marcia opima* avec 205 individus soit 32% et *Meretrix* sp.1 avec 153 individus soit 24%. Les proportions de l'espèce *Terebralia palustris* diminuent et passent à 7%. Le nombre d'individus *d'Amiantis umbonella* augmente avec 150 individus soit 24%. Le poids d'huître est faible avec seulement 47 g et l'indice de diversité diminue à 0,7.

La tendance observée pour l'US 4 se confirme pour l'US 3 qui comprend 1387 individus avec une augmentation des individus de l'espèce *Marcia opima* (666 individus soit 48%) et une diminution des proportions d'*Amiantis umbonella* (12%). Les proportions de *Meretrix* sp.1 restent stables à 24%. Le poids d'huître augmente de nouveau et atteint 466 g. À l'inverse, l'indice de diversité diminue jusqu'à 0,6.

L'US 2 comprend 413 individus. Elle est marquée par l'augmentation importante de *Lunella coronata* avec 233 individus soit 56% et donc par la diminution des espèces de la lagune *Meretrix* sp.1 avec 9%, *Amiantis umbonella* avec 8% et *Marcia opima* avec 8%. Il n'y a aucune huître pour cette US et l'indice de diversité est toujours faible avec 0,6.

L'US 1 comprend 910 individus, elle se caractérise par la dominance de *Lunella coronata* mais dans des proportions beaucoup plus faibles avec seulement 27% et une augmentation de *Meretrix* sp.1 à 26%, *Amiantis umbonella* à 24% et *Marcia opima* à 11%. Le poids d'huîtres s'élève à 349 g et l'indice de diversité augmente légèrement à 0,7.

La phase 5b se caractérise donc par une diminution des espèces de la mangrove telles que Terebralia palustris*, les huîtres et* Littoraria intermedia *et par une augmentation des espèces de la lagune comme* Amiantis umbonella, Marcia opima *et* Meretrix *sp.1 malgré la réapparition du milieu rocheux avec* Lunella coronata *pour les US 2 et 1.*

7.1.6 Analyse des relations entre les principaux taxons

Cette seconde AFC a été réalisée afin de compléter l'étude de l'évolution des fréquences de taxons, qui vient d'être présentée, par une analyse des tendances évolutives des assemblages. Elle a été effectuée en ne prenant en compte que les taxons diagnostiques représentés sur le diagramme malacologique (**Fig. 42 ; Annexe 4.7**), c'est-à-dire des espèces dont la contribution au nuage de points dépasse 0,5 sur un des quatre premiers axes de la première AFC (**Fig. 43**). À ces dix espèces, *Ostrea* sp. a été ajoutée en variable continue illustrative afin de déterminer sa position par rapport aux autres espèces ; elle n'intervient donc pas dans le calcul des axes mais se place dans le nuage de points. Les deux premiers

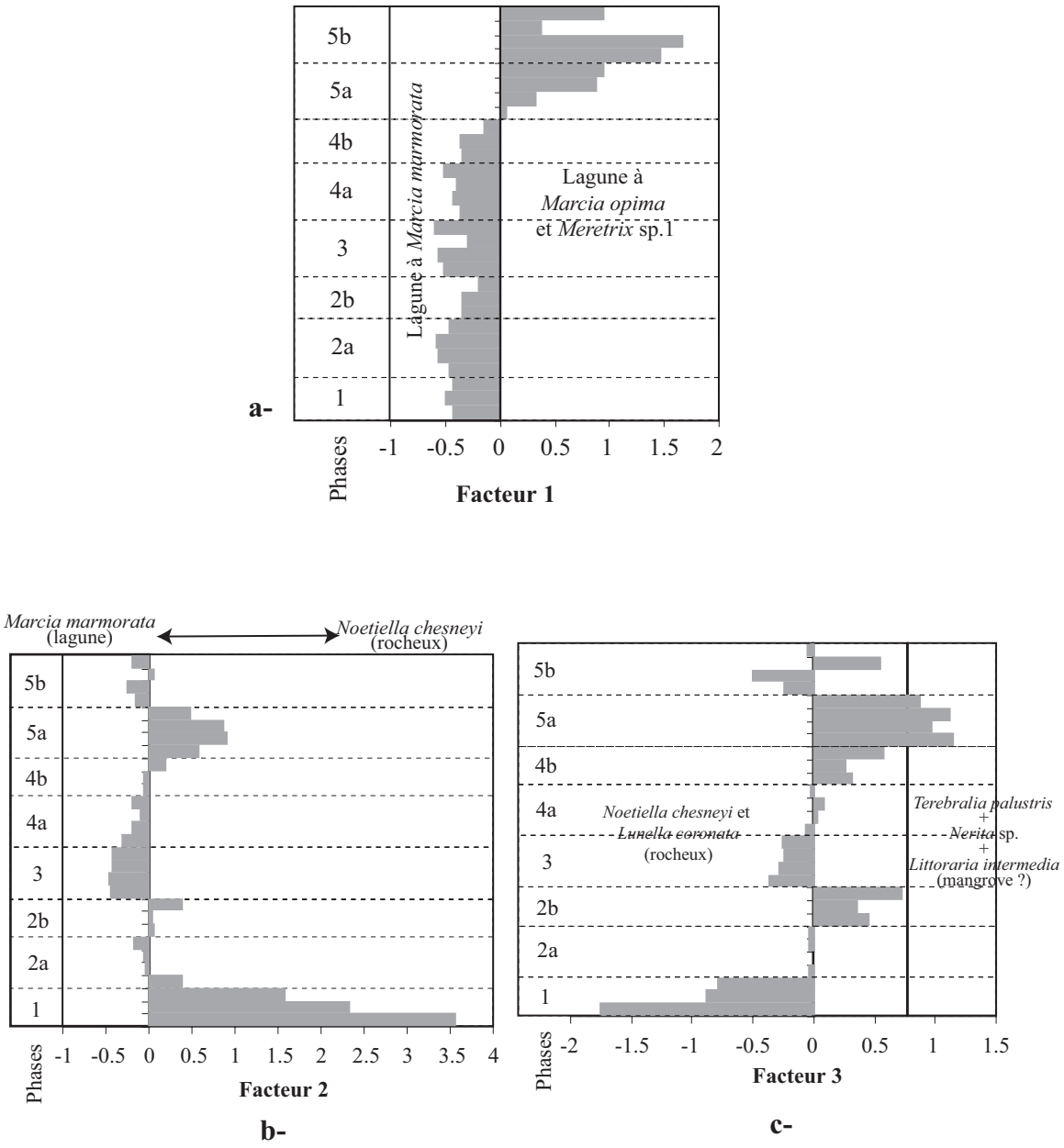


Figure 44 : Coordonnées des unités stratigraphiques sur les facteurs 1, 2 et 3 obtenues à partir de l'AFC sur les 10 principales espèces de SWY1.
On observe un découpage des US en fonction des différents milieux qui dominent les facteurs. Ainsi les phases 1 à 4b s'opposent aux phases 5a et 5b en fonction des espèces de la lagune, majoritaires.
a- Facteur 1
b- Facteur 2
c- Facteur 3

facteurs réunissent 59% de l'inertie totale avec 34,2% pour le facteur 1, 24,9% pour le facteur 2, 15,8% pour le facteur 3, 12,72 pour le facteur 4 et 4,70% pour le facteur 5 (**Tab. 18**).

	COORDONNEES			CONTRIBUTIONS			Cos²		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Am	0,16	-0,23	-0,02	0,7	1,9	0	0,06	0,12	0
Cyp.	-0,47	0,37	0,16	1,9	1,6	0,5	0,19	0,12	0,02
Litt	0,1	0,8	1,57	0	2,1	12,9	0	0,11	0,42
Lun	-0,12	0,1	0,45	0,5	0,5	14,6	0,02	0,01	0,25
Mm	-0,58	-0,33	-0,17	24,5	10,7	4,5	0,63	0,2	0,05
Mo	1,4	-0,24	-0,46	33,8	1,4	8	0,8	0,02	0,09
MSp	1,79	-0,24	-0,38	31,2	0,8	3,1	0,85	0,01	0,04
NerSp	0,27	0,55	1,1	0,2	1,5	9	0,03	0,11	0,45
NoeC	-0,34	2,59	-1,07	0,9	72,9	19,7	0,01	0,84	0,14
TereP	1,02	0,89	1,46	6,3	6,6	27,8	0,17	0,13	0,34

LIB.	Moy	Ec.T.	1	2	3
Ost	237,12	369,14	0,07	0,05	-0,05

Tableau 18 : Coordonnées, contributions et Cos² pour l'analyse factorielle des correspondances effectuée sur les 10 principales espèces de SWY 1 et sur les 29 US. Les abréviations utilisées sont définies sur la figure 46.

Facteur 1 (34,2%)

Les espèces contribuant le plus au facteur 1 sont *Marcia opima* à 33,8%, *Meretrix* sp1 à 31,2%, *Marcia marmorata* à 24,5% et *Terebralia palustris* à 6,3%. On observe une forte opposition entre les coordonnées de *Marcia opima* en 1,41, *Meretrix* sp1 en 1,79 et *Terebralia palustris* en 1,02 d'une part, et *Marcia marmorata* en -0,58 de l'autre. Cette opposition confirme la coupure entre, d'une part, les phases 1, 2, 3 et 4 et la phase 5, observée sur le diagramme (**Fig. 42**) et sur la classification hiérarchique directe (**Fig. 41**). Notons l'absence de contribution de l'espèce *Littoraria intermedia* ainsi que la contribution pratiquement nulle pour les espèces *Amiantis umbonella* à 0,6%, *Lunella coronata* à 0,5%, *Nerita* sp. à 0,2% et *Noetiella chesneyi* à 0,9%.

Les unités stratigraphiques se répartissent sur cet axe en fonction d'une opposition entre la lagune composée de *Marcia marmorata* et celle qui est composée de *Marcia opima*, *Meretrix* sp.1. (**Fig. 44a**). Si l'on représente les coordonnées des US sur un graphique, on observe très clairement cette opposition en fonction de la stratigraphie : les coordonnées des US de la phase 5 sont toutes positives et celles des phases 1, 2, 3 et 4 sont négatives (**Fig. 44a**).

Facteur 2 (24,9%)

Les espèces qui contribuent le plus au facteur 2 sont *Noetiella chesneyi* avec 72,9% et secondairement *Marcia marmorata* avec 10,7%. Ce facteur montre clairement le statut

particulier de l'espèce rocheuse *Noetiella chesneyi* et secondairement marque son opposition à l'espèce lagunaire *Marcia marmorata*. Les unités stratigraphiques se répartissent en fonction de ces deux espèces (**Fig. 44b**). Les phases 1 et 5a sont plutôt orientées vers l'espèce *Noetiella chesneyi,* les autres phases étant plutôt orientées vers la lagune avec l'espèce *Marcia marmorata* qui domine.

Facteur 3 (15,8%)

Les espèces *Terebralia palustris* à 27,8%, *Noetiella chesneyi* à 19,7%, *Lunella coronata* à 14,6%, *Littoraria intermedia* à 12,9% et *Nerita* sp. à 9% contribuent au facteur 3 (**Fig. 44c**). La compréhension de cet axe est complexe du fait de l'ambivalence de certaines espèces pouvant aussi bien appartenir au milieu rocheux qu'à la mangrove. Du fait de la proximité de *Littoraria intermedia* et *Nerita* sp. avec *Terebralia palustris*, il est possible d'avancer l'hypothèse d'un mode de vie de ces taxons plutôt en mangrove.

Ce facteur est alors marqué par l'opposition entre la mangrove et le milieu rocheux :

- La mangrove entre 0,75 et 1,5 avec *Terebralia palustris* en 1,46, *Littoraria intermedia* à –1,57 et *Nerita* sp. en 1,1.
- Le milieu rocheux entre –2 et 0,45 caractérisé par *Noetiella chesneyi* en -1,07 et *Lunella coronata* en 0,45.

Notons que les contributions d'*Amiantis umbonella* à 0% et *Cypraea* sp. à 0,5% sont pratiquement nulles pour le facteur 3.

7.1.7 Reconstitution de l'environnement à proximité du site

En contexte archéologique, la collecte humaine a pour conséquence une sélection des espèces. Seuls les taxons de taille suffisamment importante seront collectés pour la consommation. Le site de SWY 1 est malgré tout un bon indicateur puisqu'on trouve quelques espèces de petite taille de type « accompagnatrices ». À partir du diagramme malacologique, il est possible d'observer l'existence de certains milieux par la présence des taxons qui leurs sont inféodés. Quatre milieux ont été définis : rocheux, vaseux, sableux et mangrove et quatre étages bathymétriques : infralittoral, intertidal, intertidal / infralittoral et intertidal strict.

L'analyse de la signification écologique des différentes espèces, dans la province néritique, permet d'obtenir des informations sur les zones de collecte le long du littoral (**Annexe 4.2**). Elle indique la prédominance d'une collecte effectuée au sein de l'étage intertidal et plus

particulièrement de la limite intertidale / infralittoral accessible uniquement pendant les fortes marées basses.

Cette catégorie intertidal / infralittoral comprend les différentes espèces de bivalves du site, principalement les bivalves de la famille des vénéridés et donc en contexte lagunaire.

La grande majorité des espèces appartenant aux catégories « intertidal » et « intertidal strict » est composée de gastéropodes qui supportent d'être immergés. Leur collecte est plus aisée lors des marées basses car elle rend accessible un grand nombre d'espèces.

Il semble que la collecte de mollusques marins ait été principalement effectuée dans la zone intertidale pendant la période de marée basse, lorsque le ramassage était facilité.

La représentation du NMI cumulé des espèces issues des mêmes milieux (**Annexe 4.2** et **Fig. 45**) met en évidence la dominance de trois biotopes : le milieu rocheux (phases 1, 2, 4 et 5), vaseux (phases 2 à 5) et la mangrove (phase 5). La présence de ces trois différents milieux offre une image très distincte de celle que l'on peut observer actuellement à proximité du site de Suwayh, où les bords de mer correspondent plutôt à un environnement sableux avec, à certains endroits, des zones rocheuses qui affleurent (**Annexe 13**). Si l'on s'éloigne de la mer, on peut observer la présence d'une sebkha complètement asséchée mais qui suggère l'existence d'une ancienne lagune. À partir de ces données, j'ai donc tenté d'effectuer une reconstitution des milieux environnants et de leur dynamique.

Le milieu rocheux

Les espèces *Cypraea* sp. et *Lunella coronata* montrent des pics de fréquence dans les mêmes phases (phase 2 et 4 principalement) ce qui confirme l'hypothèse d'un mode de vie similaire dans les mêmes zones écologiques.

Pour *Noetiella chesneyi*, il semblerait que l'espèce ait été principalement collectée pendant la phase 1. Comme nous avons pu le voir précédemment (**cf. 4.1**), cette espèce semble appartenir à un milieu rocheux différent de celui que l'on peut observer pour *Lunella coronata* et *Cypraea* sp. Les données écologiques sur *Noetiella chesneyi* étant très floues, il est difficile d'établir quels sont les différents critères différenciant ces deux types de milieu rocheux.

Il est ardu d'interpréter cette variation de taxons au sein du milieu rocheux. Elle peut s'expliquer par une modification dans la répartition des espèces. Dans un premier temps, la collecte était ciblée sur l'espèce *Noetiella chesneyi* puis elle s'est reportée sur les espèces de

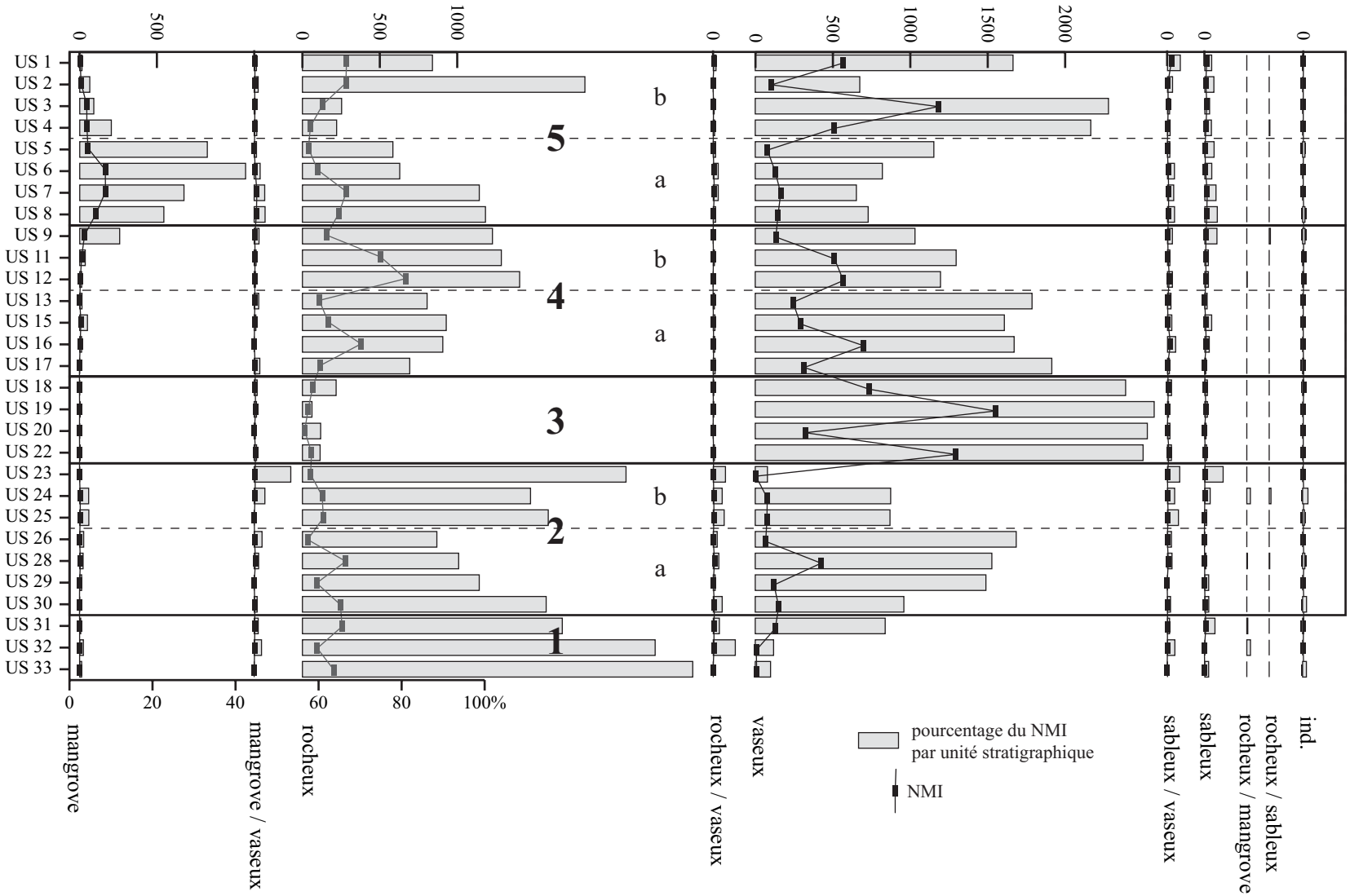


Figure 45 : Représentation graphique du nombre minimum d'individus par milieu (en % et brut) pour chaque unité stratigraphique. Les principaux milieux sont la mangrove, le milieu rocheux et le milieu vaseux.

Pneumatophore d'*Avicennia marina*
et son emprunte sur une coquille
de *Saccostrea cucculata,* on peut observer
les traces des lentilles qui servent
pour la respiration de la plante.

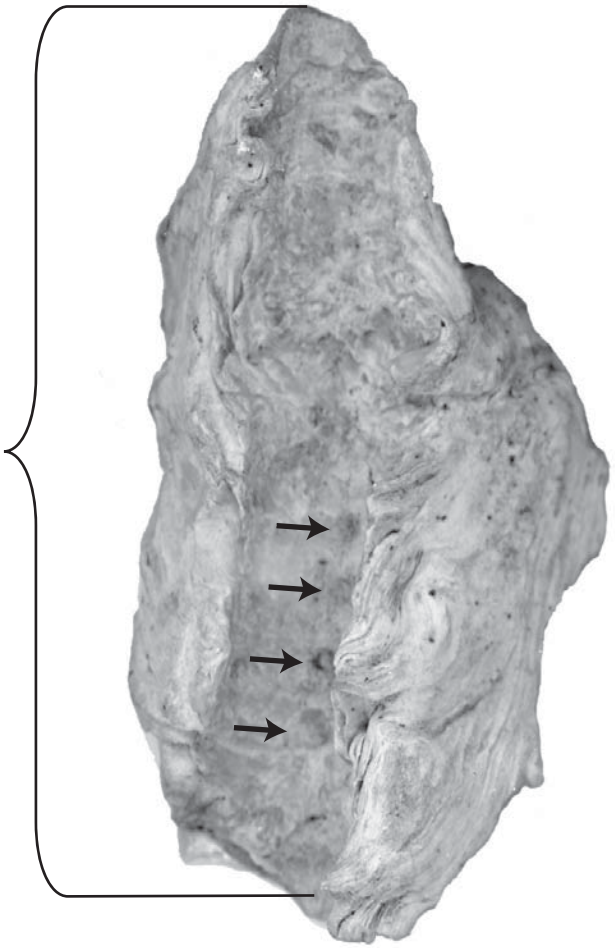


Figure 46 : Emprunte de pneumatophore sur une coquille d'huître (*Saccostrea cucculata*) provenant de SWY 1, US 8 (photos C. Martin).

crevasses et cuvettes telles que *Lunella coronata* et *Cypraea* sp. Les raisons ayant motivé ce changement peuvent être liées à la disponibilité des ressources ou bien à la variation des conditions écologiques engendrant des changements d'espèces.

La mangrove

L'existence d'une mangrove est attestée dans les niveaux archéologiques par la présence de certaines espèces (**annexe 3**) :

- des espèces accompagnatrices telles que les quelques individus de l'espèce *Melampus castaneus* dans les US 7, 8 et 11, *Cassidula nucleus* dans les US 7, 8, 9, et 11 et enfin l'augmentation de l'espèce *Littoraria intermedia* à la phase 5a.
- les proportions du taxon *Nerita* sp., qui peut vivre au sein de la mangrove, augmentent pendant la phase 5a et indiqueraient un mode de vie en mangrove.
- l'emprunte d'une racine de palétuvier dans l'US 8 sur la valve d'une huître indique la présence de cette espèce en mangrove (**Fig. 46**).

Les espèces de la mangrove apparaissent parmi les taxons collectés par l'homme seulement pendant la phase 5 et plus particulièrement pendant la phase 5a datée de 4604-4429 BC cal. Cette brusque apparition indique un changement brutal de l'environnement. Ces données confirment celles qui ont été obtenues par Lézine et al. (2002) qui positionne la mangrove vers 4040-3819 et 3892-3696 BC cal. et placent le début de la mangrove vers 4604-4429 BC cal.

La mangrove pouvait néanmoins exister pendant les phases précédentes, mais elle semble se développer suffisamment à la phase 5b pour permettre l'établissement d'une population de *Terebralia palustris*. Les palétuviers ayant besoin d'un apport en eau douce régulier (Johnstone, 1983 ; Pernetta, 1993 ; Lebigre, 1999 ; Ellison, 2001), il pourrait s'agir d'une période où les oueds étaient actifs et donc les pluies importantes. Il est peu vraisemblable d'imaginer que l'absence de *Terebralia palustris* dans les niveaux plus ancien du site soit liée à l'absence de collecte, cette espèce est très facile à ramasser et sa grande taille permet un apport calorique important. Elle est encore couramment consommée par de nombreuses populations (Meehan, 1982 ; Houbrick, 1991).

La lagune

Marcia marmorata est présente pendant les phases 1 à 4 dans des quantités souvent très importantes, elle diminue pendant la phase 5, lorsque les espèces *Marcia opima* et *Meretrix* sp.1 augmentent. Pour *Amiantis umbonella*, les proportions varient peu, l'espèce est présente pendant toute la séquence en petite quantité.

Ce brusque changement d'espèces du milieu lagunaire pendant la phase 5 pourrait s'expliquer en partie par l'apparition de la mangrove. Néanmoins de nombreux facteurs peuvent intervenir notamment la forte collecte humaine de *Marcia marmorata* pendant les phases 1 à 4, pouvant engendrer une diminution des effectifs dans la population au profit des autres espèces comme *Marcia opima* et *Meretrix* sp.1. Cette hypothèse sera testée dans le chapitre 8.

Les données écologiques concernant le genre *Meretrix* indiquent un développement des populations de *Meretrix casta* lorsque la température augmente et que la salinité baisse (Abraham, 1953). Ces informations pourraient correspondre au développement d'une mangrove, nécessitant un apport en eau douce régulier. Les informations palynologiques de Lézine et al. (2002) dans la sebkha de Suwayh indiquent la présence de palétuviers du genre *Avicennia* mais surtout du genre *Rhizophora* qui ne supporte pas de fortes salinités et a besoin d'un apport d'eau douce beaucoup plus important qu'*Avicennia* (Tomlinson, 1986). Cette eau douce a pu être apportée par des pluies importantes engendrant des cours d'eau temporaires suffisamment forts pour baisser la salinité de la lagune permettant le développement d'une mangrove à *Avicennia marina* et du taxon *Rhizophora* ainsi que l'apparition d'espèces de bivalves ayant besoin de variations de salinité pour proliférer.

Il est encore difficile d'établir avec certitude si la diminution de l'espèce *Marcia marmorata* est d'origine anthropique ou environnementale. Il est néanmoins possible d'observer de fortes modifications de la lagune liées à l'apparition de la mangrove, vraisemblablement corrélées avec des variations de salinité.

7.1.8 Conclusion

À partir du matériel malacologique de SWY 1, provenant du sondage effectué au centre du site, il a été possible d'identifier une centaine d'espèces de coquillages. Chacune de ces espèces reflète la collecte humaine mais aussi, de par son mode de vie, l'environnement à proximité du site. J'ai ainsi pu identifier la présence d'une lagune dès 5500 av. J.-C. et de la

mangrove à partir de 4604-4429 BC cal. Ces modifications du milieu correspondent à une période climatique plus humide avec une limite plus nordique de pluie de mousson d'été et donc un apport en eau douce plus important.

L'importance de la ressource alimentaire malacologique de ce site est encore difficile à estimer puisque les restes ichthyologiques n'ont pas encore pu être déterminés. Néanmoins, lors des différentes campagnes de fouille, j'ai pu observer un grand nombre de restes de poissons et de coquilles mais très peu de restes de mammifères terrestres. Cette observation tend à montrer la prédominance des ressources marines et l'importance de la mer pour ces populations.

Il a été possible de mettre en évidence des variations dans les espèces collectées par l'homme. J'ai ainsi pu observer le remplacement, entre les phases 4 et 5, de *Marcia marmorata* par *Marcia opima* et *Meretrix* sp.1, indiquant probablement une modification profonde des milieux sablo-vaseux lagunaires. Cette disparition coïncide avec l'apparition de l'espèce *Terebralia palustris* inféodée à la mangrove.

Deux explications peuvent être avancées pour comprendre ces variations :

- Cause naturelle : une augmentation des pluies de mousson, une augmentation du niveau de la mer ou bien une augmentation des températures marines peut avoir modifié le biotope de l'espèce. Ces modifications climatiques auraient pour conséquence des variations saisonnières inter-annuelles engendrant des changements du nombre et de la taille moyenne des mollusques (Kurihara *et al.*, 2001).
- Cause anthropique : une pression de collecte sur le milieu peut avoir entraîné la diminution de la taille et la disparition de certaines espèces. Un changement de stratégie ou de saison de collecte peut aussi avoir eu une influence.

Je tenterai de déterminer les causes à partir d'une étude métrique et sclérochronologique dans la **partie F.**

7.2 Les sondages hors-site

Les sondages, réalisés à proximité des sites, ont été réalisés par J.-F. Berger. À partir de ces sondages, j'ai tenté d'obtenir des données sur les assemblages malacologiques associés à la lagune située à l'emplacement de l'actuelle sebkha. Une partie des sondages correspond à la période d'occupation de SWY 1 mais la plupart des données sont postérieures. En effet, il n'a pas toujours été possible de creuser profondément les sondages, ceux-ci devenant rapidement dangereux lorsqu'ils atteignaient le niveau actuel de la mer.

L'emplacement des sondages a été choisi de manière à connaître les limites de l'ancienne lagune. Les sondages 1 à 6 sont localisés entre les sites de SWY 1 et 2, parallèles à la ligne de rivage actuelle. Les sondages 7 à 9 sont éloignés de la côte, le sondage 9 étant le plus éloigné et celui disposant d'un niveau contemporain de la fin de l'occupation de SWY 1.

Sondages 1 à 6 (entre SWY 1 et SWY 2)

Ces sondages permettent donc de connaître approximativement le niveau de la mer juste après l'occupation du site. Pour ce groupe de sondages, dix-sept phases sédimentologiques ont été définies par J-F Berger ; certaines sont divisées en sous-phases (**Fig. 47**). Seules les phases comportant des coquillages inféodés au milieu lagunaire ou à la mangrove seront présentées ici, le détail de l'analyse malacologique étant présenté en **Annnexe 12**.

Les phases 2a, 2b, 3, 4, 5 et 6, entre 2,5 m et 85 cm de la surface, ont livré des spectres dominés par des coquilles d'espèces telles que *Marcia marmorata*, *Marcia opima*, *Amiantis umbonella*, *Meretrix* sp.1, *Cerithidea cingulata* et *Cerithium scabridum*, qui sont caractéristiques d'un milieu de type lagunaire ouvert sur la mer. Les phases 2b, 3 et 5 comportent quelques individus de l'espèce *Potamides conicus* pouvant être associée à la mangrove. Les données sédimentologiques semblent indiquer, au moins jusqu'à la phase 9, la persistance de cette lagune. Une date ^{14}C obtenue, pour le sondage 4 US 22, à partir de coquilles de *Cerithidea cingulata*, situe cette phase lagunaire avec mangrove vers 3665-3454 BC cal., c'est-à-dire postérieure à l'occupation de SWY 1. L'US 4 du sondage 2 indique un retour à un milieu lagunaire à la phase 15 avec 28 individus de l'espèce *Cerithidea cingulata*.

Sondages 7, 8 et 9 (derrière SWY 1 et SWY 2)

Les sondages 7, 8 et 9 sont situés derrière le site de SWY 2, vers l'intérieur des terres, et permettent d'estimer l'étendue de l'ancienne lagune. Le sondage 9 est le plus éloigné de la mer, le 8e le plus proche, le 7^{e} étant localisé entre les deux. Sur ces trois sondages, seul les sondages 7 et 9 ont fait l'objet de prélèvements malacologiques. L'étude sédimentologique montre une évolution en 19 phases (**Fig. 48**). Deux dates ^{14}C ont été obtenues à partir d'échantillons de coquilles pour l'US 23C du sondage 7 et l'US 24 du sondage 9.

Les phases 1, 3 et 5 sont toutes les trois composées d'un sédiment vaso-sableux de type lagunaire de couleur vert-bleutée avec, pour la phase 5, des négatifs de racines à remplissage argileux. Ces phases alternent avec des phases sableuses aux phases 2 et 6 ou bien argileuses à la phase 4.

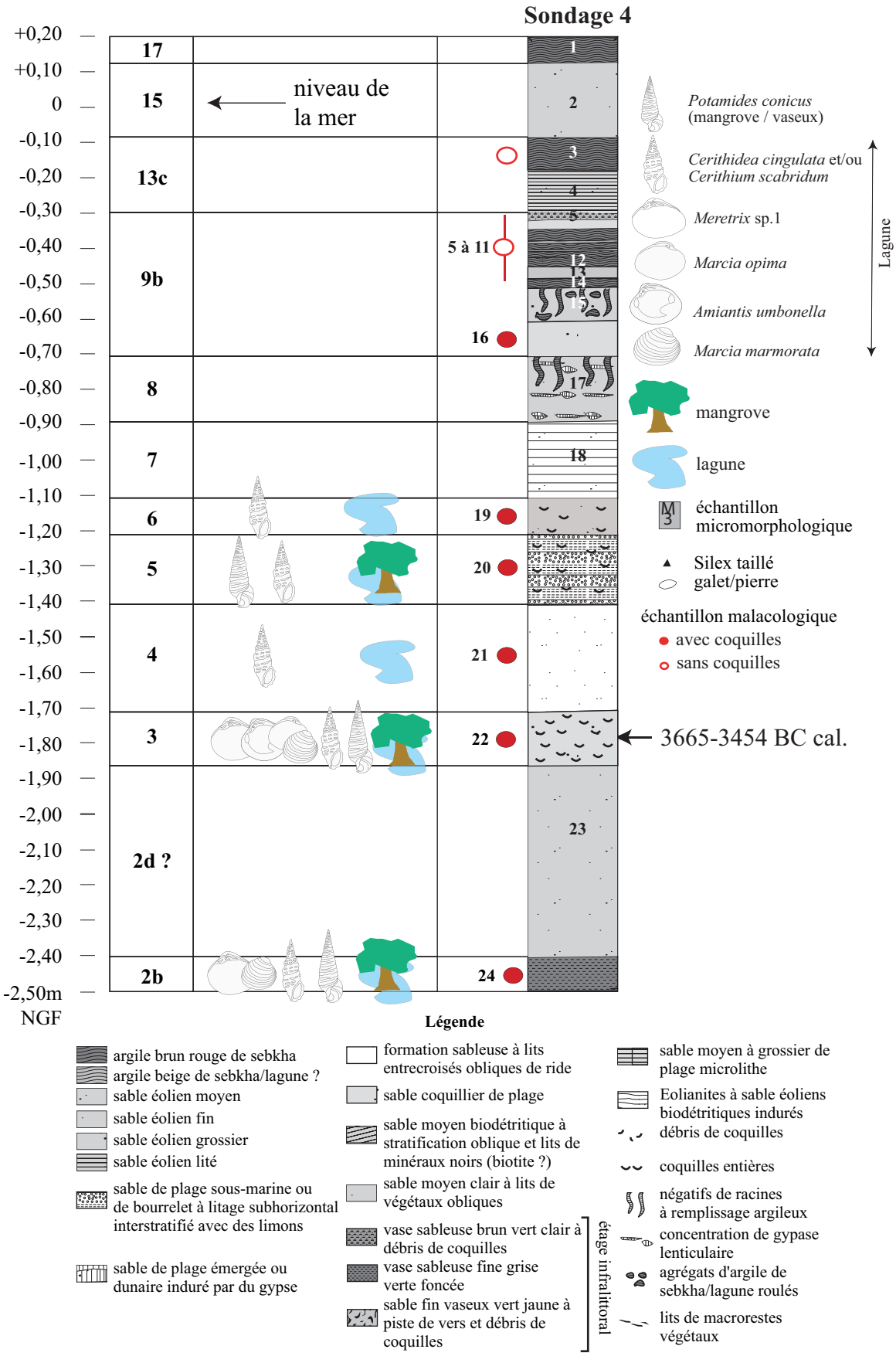


Figure 47 : Sondage 4, localisé entre les sites de SWY 1 et SWY 2 (dessin de J.-F. Berger).

Les différentes espèces inféodées à la lagune ou à la mangrove sont indiquées pour chaque prélèvement malacologique. Pour le niveau 22, on estime la présence de la lagune et de la mangrove vers 3665-3454 BC cal.

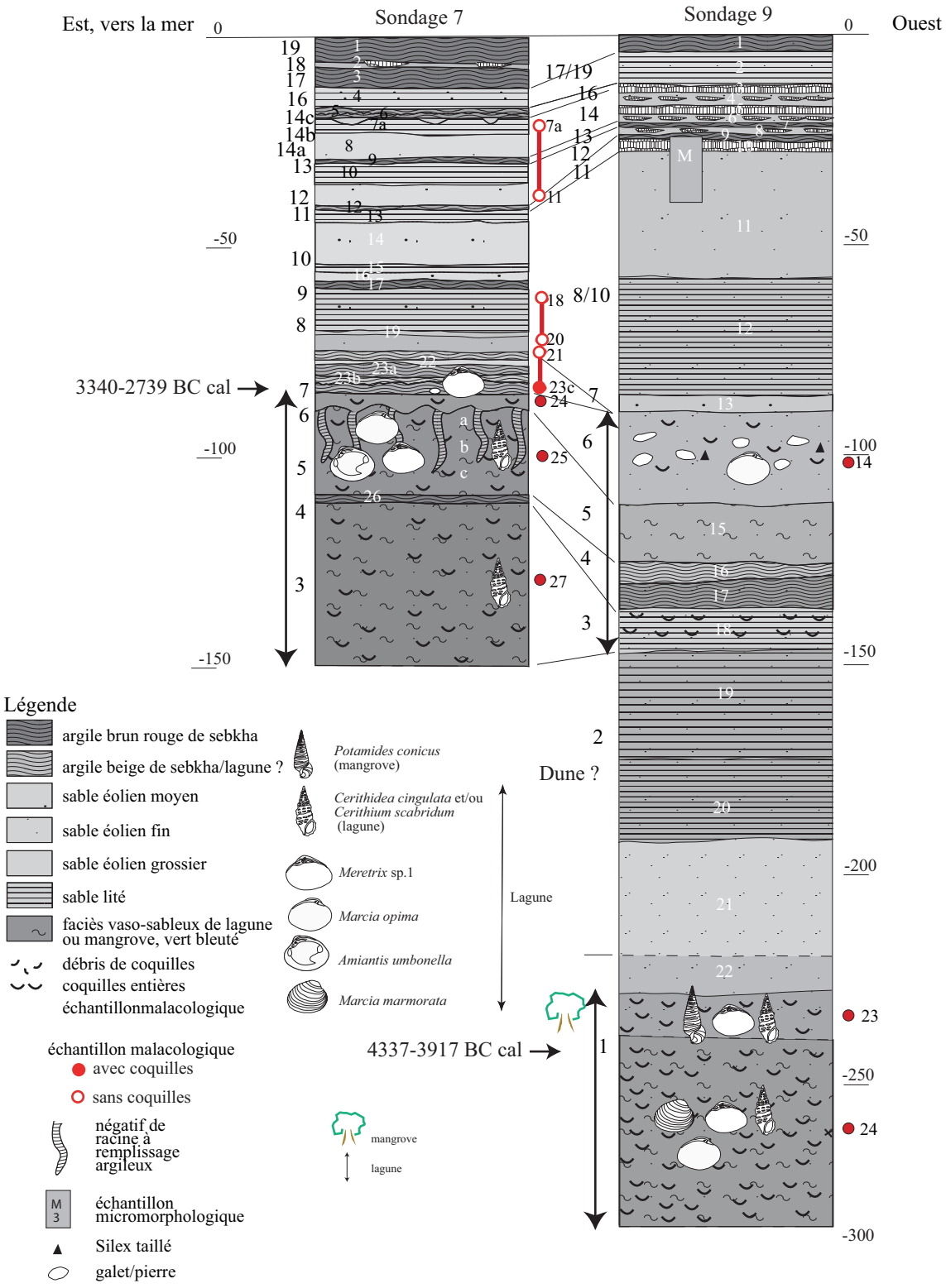


Figure 48 : Sondages 7 et 9 localisés dans les parties centrales et occidentales de la sebkha de Suwayh (dessin de J.-F. Berger).
On observe la présence d'une lagune avec mangrove vers 4337-3917 BC cal et d'une lagune vers 3340-2739 BC cal.

L'alternance de ces phases vase/sable/argile semble correspondre à des événements de type lagune avec une possibilité de mangrove pour la phase 1, US 23 du sondage 9.

L'étude du matériel malacologique des US 23 et 24 du sondage 9 correspond à la phase sédimentologique 1. Elle confirme la présence des espèces *Marcia marmorata*, *Marcia opima*, *Amiantis umbonella* et *Meretrix* sp.1 qui indiquent l'existence d'une lagune à l'emplacement de l'actuelle sebkha. Pour l'US 23, 21 individus de l'espèce *Potamides conicus* témoignent de la possible présence d'une mangrove. Cette phase est datée de 4337-3917 BC cal., c'est-à-dire à la fin de l'occupation de SWY 1 où l'on observe des espèces de mangrove dans le spectre malacologique. Cette phase est recouverte de 80 cm de sédiment (phase 2) composé de sable à granulométrie variable témoignant de l'absence de lagune.

Les phases 3 à 7 sont composées des espèces de la lagune, *Marcia opima*, *Amiantis umbonella* et *Meretrix* sp.1. La phase 7 est datée par ^{14}C obtenu à partir d'un échantillon de *Meretrix* sp.1 qui positionne cette phase à 3340-2739 BC cal.

La plupart des coquilles étudiées appartiennent à des phases sédimentaires postérieures à l'occupation de SWY 1. Seule la phase 1 des sondages 7 et 9 correspond avec la phase 5 du site de SWY 1. Le spectre de cette phase est d'ailleurs composé d'espèces que l'on trouve parmi le diagramme malacologique. Ces taxons confirment la présence de la lagune pour le sondage 9, pourtant très éloigné de la côte pendant la fin du 5^{e} millénaire av. J.-C. vers 4337-3917 BC cal.

Un second épisode vers 3340-2739 cal BC pour les sondages 7 et 9 et vers 3665-3454 BC cal pour le sondage 4 indique la persistance de cette lagune avec une mangrove au niveau du sondage 4 (**Fig. 49**).

Un troisième épisode de lagune est possible au niveau de la phase 15, mais il est impossible pour l'instant de le situer chronologiquement sans dates ^{14}C.

Les données obtenues à partir des différents sondages effectués dans la sebkha, à proximité du site de SWY 1, convergent donc vers les mêmes interprétations.

- Les données malacologiques de SWY 1 indiquent la présence d'une lagune dès 5320-5268 BC cal pour l'US 22
- La mangrove, déjà signalée par Lézine et al. (2002), est visible pour l'US 6 vers 4604-4429 BC cal. Les variations des taxons au sein du spectre malacologique sont encore difficilement interprétables. Elles peuvent être liées à une pression de collecte ou à un

apport en eau douce important modifiant la salinité et la température de l'eau.

- Les données malacologiques hors site montrent la présence de deux épisodes lagunaires. À 4337-3917 BC cal, on remarque la présence de la lagune mais aussi de la mangrove. Enfin entre 3665-3454 et 3340-2739 BC cal, on observe de nouveau cet épisode lagunaire pouvant être associé à la mangrove.

Toutes ces données convergent vers l'hypothèse d'une phase lagunaire avec mangrove entre 4604-4429 (données archéologiques) et 3665-3454 BC cal. La lagune est présente dès 5320-5238 BC cal, et dès l'US 31 à la base du site de SWY 1.

7.3 Le site de SWY 3

7.3.1 Matériel étudié

SWY 3 se situe approximativement à 4 km au sud de SWY 1. Le matériel malacologique étudié provient d'un seul sondage. Deux dates radiométriques indiquent une occupation à 2132-1977 cal. BC et 2177-2023 cal. BC. Le matériel qui accompagne ce sondage permet de situer l'occupation pendant la période Umm an-Nar, probablement entre 2300 et 2000 av. J.-C. Au total, 3518 restes répartis sur 10 niveaux ont été comptés. Pour compléter cette étude, des prélèvements malacologiques ont été effectués à proximité du site dans la zone de sebkha actuelle. Le matériel ne comporte aucun test portant des traces de passage au feu, d'altérations liées au dépôt ou à la mer ou bien encore de perforations naturelles ou anthropiques. Le ramassage des restes coquilliers a été effectué pendant la fouille, seuls les gros fragments et les tests entiers ont été conservés. Le déficit en fragments de test est donc artificiel. Dans le cas de *Perna picta* et *Ostrea* sp., tous les fragments ont été conservés, mais, compte tenu de la très grande fragmentation des coquilles de ces espèces, seuls les fragments comportant au moins les 2/3 de la charnière ont été pris en compte dans le décompte.

Au total quinze espèces ont été identifiées. Seulement quatre sont des gastéropodes qui ne représentent que quatre restes sur un total de 3518. Cinq espèces dominent la séquence : *Meretrix* sp.1, *Perna picta*, *Ostrea* sp., *Amiantis umbonella* et *Marcia opima*. Le nombre de restes étant très faible et compte tenu du biais engendré par le mode de prélèvement, j'ai choisi de conserver le NR (**Annexe 5.1**) et de ne pas effectuer de NMI (**Tab. 19**). Les résultats sont présentés sous la forme d'un diagramme malacologique en fonction des unités stratigraphiques (**Fig. 50**).

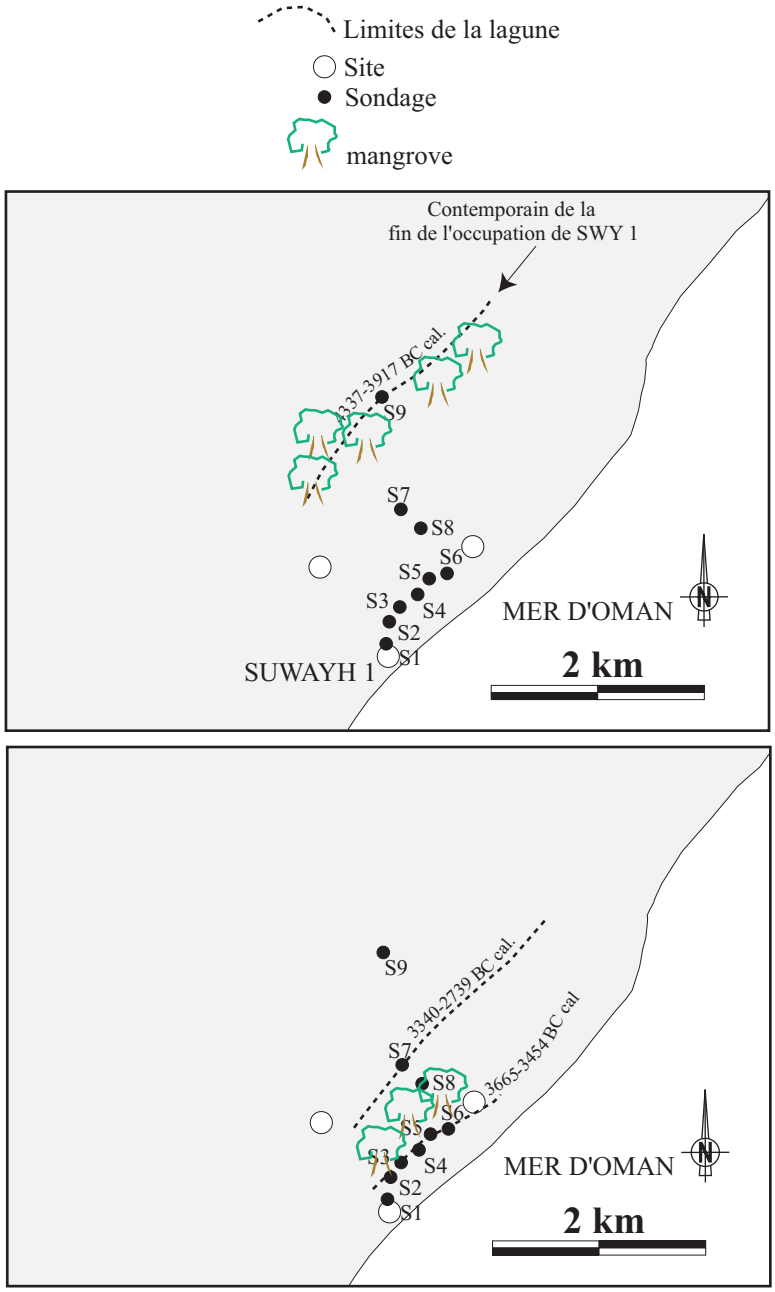


Figure 49 : Position des sondages hors sites dans la zone de Suwayh. En fonction des espèces trouvées dans les prélèvements, la lagune et la mangrove ont été positionnées approximativement. Ainsi vers 4337-3917 BC cal, les espèces trouvées pour le sondage 9 indiquent la présence d'une lagune et d'une mangrove à environ 2km de la côte. Vers 3666-3454 BC cal, la lagune et la mangrove sont au niveau du sondage 4, c'est à dire à proximité de la côte actuelle. Enfin vers 3340-2739 BC cal, la lagune atteint le sondage 7 mais sans la présence d'une mangrove.

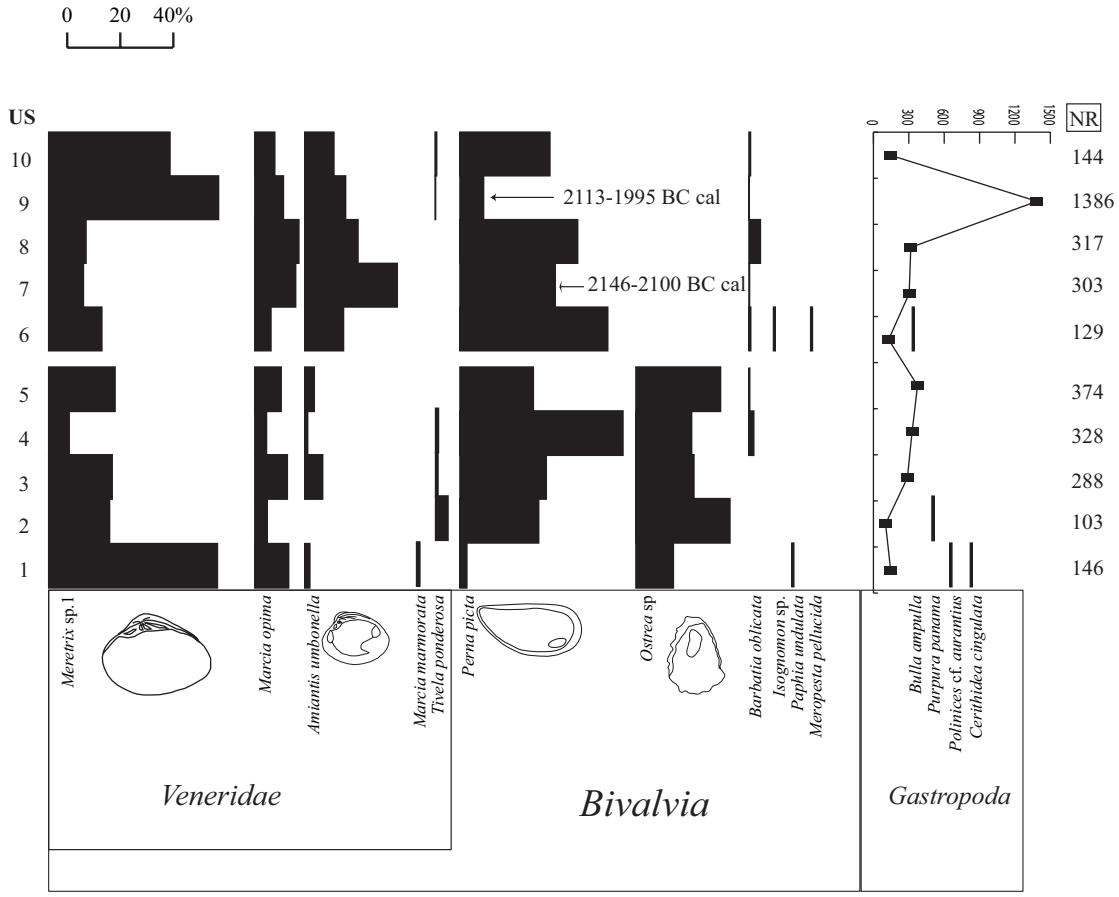


Figure 50 : Diagramme malacologique de SWY 3 (pourcentage du nombre de restes par US). Dans cet assemblage, les bivalves dominent la séquence, essentiellement *Meretrix* sp.1, *Perna picta* et *Ostrea* sp.

taxons	Milieu	NR	%
GASTEROPODES			
Purpura panama	rocheux	1	0.03
Bulla ampulla	sableux	1	0.03
Polinices* cf. *aurantius		1	0.03
Cerithidea cingulata	vaseux	1	0.03
BIVALVES			
Meropesta pellucida	indéterminé	1	0.03
Paphia undulata		1	0.03
Amiantis umbonella	vaseux	461	13.10
Marcia marmorata		2	0.06
Marcia opima		383	10.89
***Meretrix* sp.1**		1375	39.80
***Ostrea* sp.**	rocheux / mangrove	313	8.90
Barbatia oblicata	rocheux	25	0.71
***Isognomon* sp.**		1	0.03
Perna picta		935	26.58
Tivela ponderosa	sableux	17	0.48
Total		**3518**	

Tableau 19 : Liste des taxons de SWY 3 avec indication du NR et du milieu, toutes US confondues.

7.3.2 Prépondérance des bivalves

Les espèces de la classe des bivalves dominent toute la séquence. Elles représentent 99% du matériel malacologique. Cette prépondérance des bivalves peut s'expliquer de différentes façons.

- Tri du matériel : la fouille de SWY 3 a été effectuée en 1996-97 et 1997-98, l'étude du matériel malacologique n'ayant pas pu être effectuée cette année là, seuls les restes entiers et quasi-entiers ont été conservés et stockés. Il est fort probable que certains fragments de coquilles n'avaient pas été reconnus et conservés lors de la fouille. Si l'on compare ce matériel (**Annexe 5.2**) à ceux qui proviennent des sites de SWY 1 et KHB 1, certes plus anciens mais localisés à proximité de zones écologiques très similaires, on note une répartition des restes en fonction des types de fragments similaire entre ces trois sites, excepté pour les fragments de gastéropodes qui sont plus nombreux pour les sites de SWY 1 et KHB 1. Cette absence de gastéropodes à SWY 3 peut s'expliquer par un problème de stockage du matériel et de tri. Notons que dans le cas de gastéropodes caractéristiques d'un milieu comme *Terebralia palustris*, leur présence aurait probablement été mentionnée.
- Mauvaise conservation : on peut envisager un problème de conservation des tests de gastéropodes par rapport aux bivalves. Néanmoins, cette interprétation est peu

vraisemblable dans ce cas, car les espèces *Perna picta* et *Ostrea* sp. auraient probablement été les premières concernées par cette mauvaise conservation.

- Collecte spécialisée : une collecte ciblée sur les espèces appartenant à la classe des bivalves s'expliquerait par un apport de chair plus important que pour les gastéropodes.

Il est difficile d'établir avec certitude les causes de cette prédominance des bivalves dans la collecte des mollusques marins. Il pourrait à la fois s'agir d'un problème lié aux biais de collecte lors de la fouille et d'un ramassage spécialisé de ces populations et ciblé sur des espèces faciles à collecter et fournissant un apport en chair élevé.

Les indices de richesse et de diversité (**Annexe 5.3**) montrent une richesse très faible, ne dépassant pas 4,2 avec une diversité très basse aux alentours de 0,6.

7.3.3 Lieu de collecte : milieu et étage

7.3.3.1 Etages

La collecte s'effectuait principalement au sein des étages de la zone intertidale / infralittorale et intertidale strict (**Annexe 5.4**). La zone intertidale / infralittorale se compose essentiellement de bivalves de la famille des vénéridés tels que *Meretrix* sp.1, *Marcia opima*, *Amiantis umbonella*. Ces espèces vivent à la limite de la zone intertidale, à la jonction avec la zone infralittorale. Elles sont accessibles pendant les fortes marées basses, et se ramassent assez facilement. L'étage intertidal strict est représenté exclusivement, sauf un fragment de *Cerithidea cingulata,* par l'espèce *Perna picta* que l'on trouve facilement fixée sur les rochers, exposée au ressac. Comme pour les vénéridés, cette espèce est aisée à ramasser pendant les marées basses.

7.3.3.2 Milieux

Pour ce site, les principaux biotopes représentés sont la lagune et le milieu rocheux (**Annexe 5.4**). La mangrove et le milieu sableux sont quasiment inexistants au sein du matériel étudié.

La lagune

Cinq espèces vivant en contexte vaseux ont été identifiées sur le site de SWY 3. On retrouve l'association *Meretrix* sp.1 / *Marcia opima* déjà observée pour la phase 5 de SWY 1. Ces taxons de la famille des vénéridés vivent dans la lagune. Actuellement, il n'y a aucune

lagune autour du site, mais l'emplacement d'une sebkha à proximité, pourrait indiquer l'existence d'une lagune dans cette zone à des périodes plus anciennes.

Milieu rocheux

Le milieu rocheux a aussi été un lieu de collecte important ; lorsque les espèces de la lagune diminuent, elles sont remplacées par celles qui vivent en milieu rocheux (*Perna picta et Ostrea* sp.). Comme évoqué précédemment, il est possible d'envisager une collecte spécialisée sur les bivalves du milieu lagunaire avec peut-être une collecte d'appoint sur les espèces du milieu rocheux lorsque les espèces de la lagune diminuent. Les espèces rocheuses sont ici très différentes de celles qui sont observées à SWY 1.

7.3.4 Structuration écologique des taxons

L'analyse factorielle des correspondances a été effectuée par US et à partir des espèces présentées dans le diagramme malacologique (**Annexe 5.5**). Les premiers facteurs réunissent plus de 90% de l'inertie totale avec 74,29% pour le facteur 1 et 16,35% pour le facteur 2. Les autres facteurs ont des pourcentages beaucoup plus faibles avec 3,99% pour le facteur 3, 2,35% pour le facteur 4 et 1,74% pour le facteur 5.

7.3.4.1 Facteur 1

Les espèces contribuant le plus au facteur 1 sont *Meretrix* sp.1 avec 40% et *Perna picta* avec 56,3%. Cette forte contribution s'accompagne d'une opposition dans la position de ces deux espèces *Perna picta* en -0,75 et *Meretrix* sp.1 en +0,53. Ce contraste s'explique facilement par une interprétation chronologique : lorsque *Perna picta* du milieu rocheux est collectée, *Meretrix* sp.1 du milieu lagunaire ne l'est pas et inversement. Le positionnement de ces deux espèces semble en partie lié au milieu comme le confirme la position en -0,86 de l'espèce de zone rocheuse *Barbatia oblicata*.

La très forte contribution du facteur 1 à l'inertie globale marque un fort contraste entre les espèces du milieu rocheux et les espèces de la lagune.

7.3.4.2 Facteur 2

Pour ce facteur, l'espèce qui contribue le plus est *Amiantis umbonella* avec 71,4% et secondairement *Meretrix* sp.1 avec 15,2% et *Perna picta* à 9,2%. La position de ces espèces sur l'axe 2 est assez difficile à interpréter. Les espèces *Meretrix* sp.1 et *Perna picta* se

projettent au même niveau et marquent l'opposition avec *Amiantis umbonella*. Ce facteur indique donc une évolution indépendante d'*Amiantis umbonella* par rapport aux autres taxons.

La collecte de mollusques marins s'effectuait principalement en milieu vaseux ou en milieu rocheux. L'environnement du site étant composé principalement de plages sableuses et d'une sebkha, une lagune devait exister à proximité, probablement à l'emplacement de la sebkha actuelle. La collecte semble ciblée sur quelques espèces, essentiellement des bivalves, néanmoins, ils pourrait s'agir d'un problème de tri du matériel.

7.4 Conclusion

À SWY 1 et 3, la consommation de mollusques marins est constante au Néolithique comme à l'Âge du Bronze. Il suffit de comparer les effectifs des mollusques à SWY 1 (17135) et SWY 3 (3518) pour se convaincre qu'elle est moins importante sur les sites de l'Âge du Bronze probablement grâce au développement d'autres moyens de subsistance tels que l'élevage, la culture du palmier dattier et des techniques de conservation du poisson et de la coquille. En effet, l'élevage apparaît discrètement au 5ème millénaire av. J.-C. (Uerpmann et Uerpmann, 2000) et les travaux de Bökonyi (1993) à RJ 2 montrent qu'il s'est développé à l'Âge du Bronze. La pêche s'est aussi spécialisée (Cleuziou, 2000) en particulier avec les améliorations liées à la navigation permettant de s'éloigner des côtes (Vosmer, 2000). Les techniques de fumage du poisson sont présentes à RJ 2, permettant ainsi le transport et la conservation. La culture du palmier dattier est attestée et l'on retrouve des graines de dattes sur les sites côtiers indiquant l'échange de cet aliment (Costantini et Audisio, 2001). La multiplication et la diversification des ressources alimentaires à l'Âge du Bronze ont probablement eu pour conséquence une perte progressive de l'importance de la collecte de coquillages. Pourtant, on continue à observer cette collecte sur les sites de l'Âge du Bronze. Les exemples ethnologiques (**cf. 5**) montrent que cette collecte est généralement effectuée par les femmes et les enfants et qu'elle n'implique pas forcément une consommation immédiate, la chair pouvant être cuite et séchée pour une consommation ultérieure. La chair de mollusques marins pourrait alors avoir été transportée et emportée sur les sites à l'intérieur des terres en oasis. Le coquillage n'aurait plus été ramassé en masse pour une consommation immédiate comme on peut l'observer au Néolithique mais aurait été conservé dans des quantités moindres pour une consommation différée.

Malgré des variations des espèces collectées, des stratégies de collecte et des quantités, à SWY 1 et 3, les milieux de collecte restent les mêmes :

- le milieu rocheux avec *Lunella coronata* et *Noetiella chesneyi* à SWY 1 et *Ostrea* sp. et *Perna picta* à SWY 3
- la lagune avec *Marcia marmorata*, *Amiantis umbonella*, *Meretrix* sp.1 et *Marcia opima* à SWY 1 et *Meretrix* sp.1, *Marcia opima* et *Amiantis umbonella* à SWY 3

Ces variations du spectre de faune s'observant elles aussi au sein des sondages hors sites et coïncidant apparemment avec les variations climatiques observées par Fleitmann (2003) et Naidu (2004), les modifications des espèces collectées sont donc symptomatiques de variations des milieux de collecte et non le reflet des stratégies de collecte humaine en particulier pour le site de SWY 1.

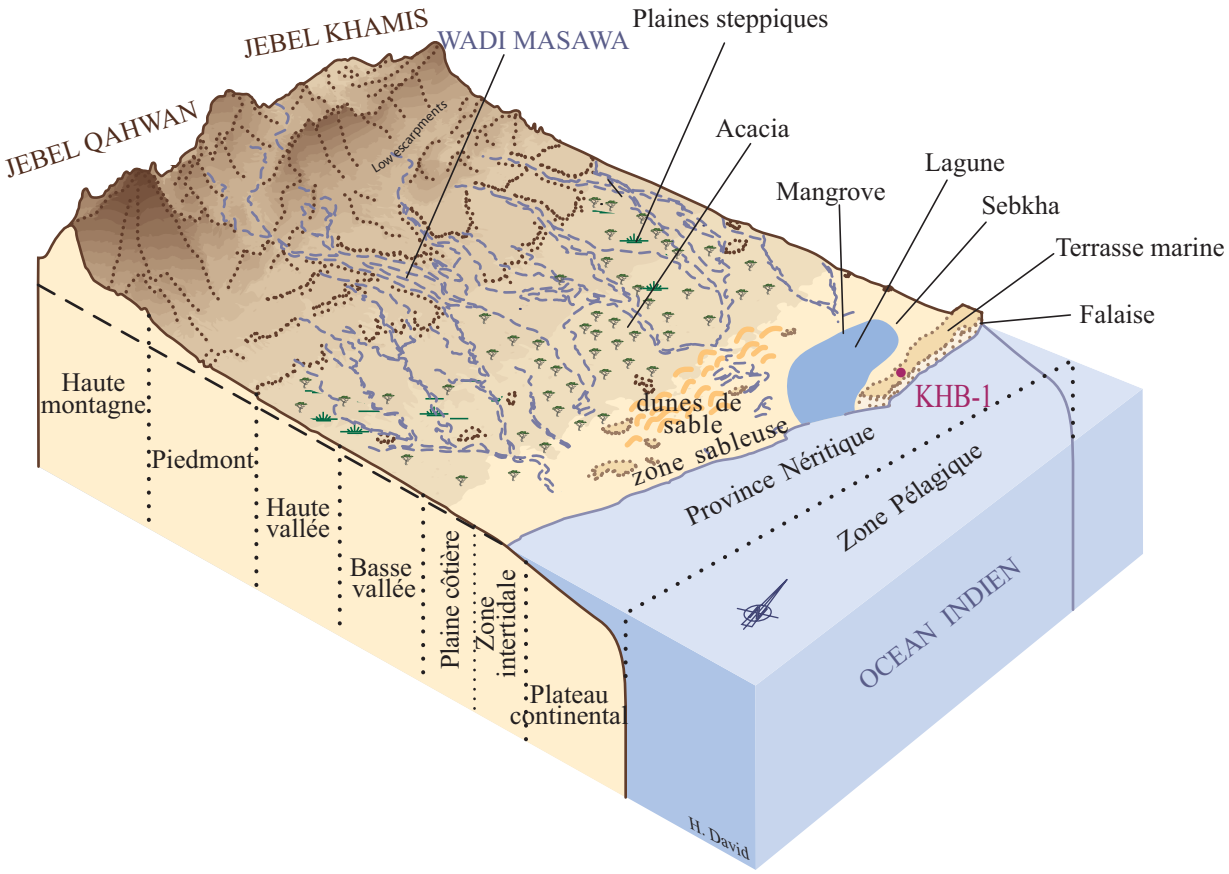


Figure 51 : Schéma de situation du site de KHB 1 par rapport à la lagune et la terrasse marine. (dessin de H. David)
La position du site, au sommet d'une terrasse marine, à proximité d'une plage sableuse et au pied d'une lagune permet une collecte diversifiée.

8 Ra's al-Khabbah

Ra's al-Khabbah (KHB 1) est un site côtier localisé au sommet d'une terrasse d'abrasion marine qui borde aujourd'hui une zone de sebkha. Ce site d'habitat a été occupé pendant le 4e millénaire av. J.-C. Le matériel n'a pas pu être étudié de manière chronologique, j'ai donc choisi de l'étudier dans son ensemble, le considérant comme un assemblage caractéristique de cette période. L'emplacement de cette sebkha (**Fig. 51**) pourrait indiquer la présence d'une ancienne lagune. Ce type d'environnement offrait le choix de collecter les mollusques marins aussi bien en milieu rocheux qu'en milieu lagunaire. L'étude du matériel coquillier de KHB 1 est donc primordiale pour la compréhension des habitudes alimentaires des populations du 4e millénaire av. J.-C. en milieu côtier.

8.1 Décompte du matériel

Le site présente une très grande diversité spécifique avec 97 espèces de mollusques marins. Face à la très grande quantité de restes qui s'élève à 46.012 (**Annexe 6.1**) et au grand nombre de bivalves (70%), un NMI de fréquence a été réalisé (**Annexe 6.2**). Chaque fragment ayant été décrit dans la base de données, il a été possible de choisir, pour tout le site, la partie de la coquille la plus représentée pour chaque espèce. Pour les bivalves, seuls les fragments comportant la charnière ont été pris en considération, ce type de fragment étant le mieux représenté et permettant généralement une détermination au rang spécifique.

Taxons	Milieu	NMI	%
GASTEROPODES			
Terebralia palustris	mangrove	21	0,07
Anachis faurati		3	0,01
Cellana rota		10	0,04
Cerithium caeruleum		2	0,01
Clypeomorus bifasciatus		41	0,15
Cronia cf. *konkanenis*		2	0,01
Cronia cf. *margariticola*		2	0,01
Cymatium pileare	rocheux	1	0
Cypraea sp.		216	0,77
Engina mendicaria		1	0
Hexaplex kuesterianus		44	0,16
Lunella coronata		56	0,2
Medusafissurella melvilli		21	0,07
Mitrella blanda		11	0,04
Murex scolopax		197	0,7
Nassarius gemuliferus		10	0,04
Nerita sp.		27	0,1
Patella flexuosa		1	0
Purpura panama		24	0,09
Siphonaria savignyi		6	0,02
Thais lacera		8	0,03
Thais savignyi		7	0,02
Thais tissoti		27	0,1
Trochus erithreus		7	0,02
Littoraria intermedia	rocheux / mangrove	113	0,4
Strombus mutabilis	rocheux / sableux	1	0
Osilinus kotschyi	rocheux / vaseux	8	0,03

Taxons	Milieu	NMI	%
GASTEROPODES			
Planaxis sulcatus		11	0,04
Architectonica perspectiva		1	0
Babylonia spirata		1	0
Bullia mauritania		1	0
Bullia semiplicata		15	0,05
Clanculus pharaonius		2	0,01
Conus sp.		31	0,11
Nassarius arcularia plicatus		1	0
Nassarius coronatus		169	0,6
Nassarius plicatus		5	0,02
Nassarius splendidulus		3	0,01
Natica alapapilionis	sableux	1	0
Natica gualteriana		1	0
Neverita didyma		2	0,01
Oliva bulbosa		76	0,27
Polinices cf. *aurantius*		33	0,12
Polinices mammilla		2	0,01
Prunum terverianum		2	0,01
Rhinoclavis kochi		31	0,11
Strombus gibberulus		3	0,01
Strombus persicus		5143	18,32
Umbonium vestiarium		432	1,54
Anadara sp.		1167	4,16
Ancilla castanea	sableux / vaseux	13	0,05
Cerithium scabridum		1225	4,36
Cerithidea cingulata		282	1
Nassarius castus	vaseux	4	0,01
Nassarius persicus		56	0,2
Turritella columnaris		5	0,02
Potamides conicus	vaseux / mangrove	31	0,11
Zootecus insularis	terrestre aride	1	0
Crepidula walshi	indéterminé	3	0,01
Tutufa bardeyi		1	0
BIVALVES			
Barbatia foliata		1	0
Barbatia foliata / decussata	rocheux	7	0,02
Barbatia oblicata		59	0,21

Taxons	Milieu	NMI	%
BIVALVES			
Chlamys livida		1	0
Chlamys senatoria		2	0,01
Chlamys towsendi		2	0,01
Irus macrophylla		2	0,01
Isognomon sp.		1	0
Perna picta		1203	4,28
Pinctada margaritifera		1	0
Pinctada radiata		5	0,02
Pinna muricata / bicolor		1	0
Spondylus sp.		6	0,02
Trapezium sublaevigatum		1	0
Asaphis violascens	rocheux / graveleux	8	0,03
Ostrea sp.	rocheux / mangrove	4164	14,83
Acrosterigma assimile		1	0
Circe rugifera		14	0,05
Glycymeris pectunculus	sableux	3	0,01
Mactra lilacea		3	0,01
Tivela ponderosa		12	0,04
Dosinia alta		2	0,01
Dosinia insularum	sableux / vaseux	4	0,01
Dosinia tumida		1	0
Amiantis umbonella		6781	24,15
Anodontia edentula		39	0,14
Circenita callipiga		30	0,11
Mactra ovalina		1	0
Marcia flammea	vaseux	1	0
Marcia marmorata		1209	4,31
Marcia opima		4766	16,97
Meretrix sp.1		56	0,2
Pillucina fischeriana		2	0,01
Plagiocardium pseudolima		1	0
Tapes sulcarius	vaseux	1	0
Mactra rochebrunei	indéterminé	34	0,12
Protapes sinuosa		1	0
AUTRES			
Balanus sp.	rocheux	32	0,11
TOTAL		28079	100

Tableau 20 : Décompte du nombre minimal d'individus par taxons pour KHB 1.

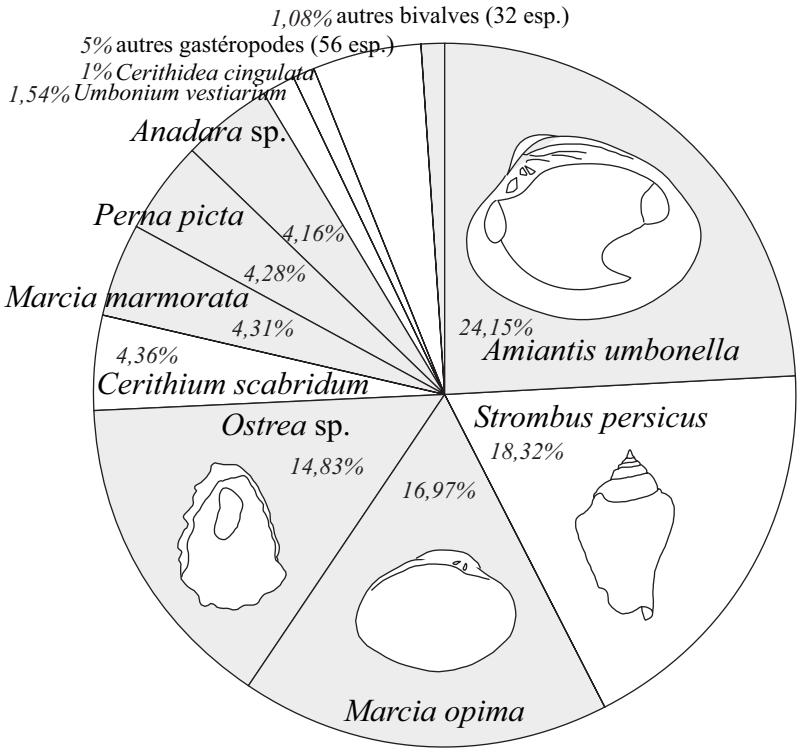


Figure 52 : Représentation graphique des principaux taxons présents sur le site de KHB 1. Les bivalves dominent avec *Amiantis umbonella*, *Ostrea* sp. et *Marcia opima.* Seul le gastéropode *Strombus persicus* fait partie des principaux taxons.

Dans les cas d'*Ostrea* sp. et *Perna picta*, il n'a pas été possible de latéraliser les valves. J'ai donc choisi de diviser par deux le nombre de charnières afin d'obtenir une estimation du nombre minimal d'individus. Un NMI de 28.079 a été obtenu pour tout le site de KHB 1 (**Tab. 20** et **Fig. 52**).

Les bivalves représentent 48% du nombre total d'individus avec 24% d'*Amiantis umbonella*, 17% de *Marcia opima* et 15% d'*Ostrea* sp. Pour les gastéropodes, l'espèce *Strombus persicus* est la plus importante avec 19% du NMI total.

8.2 La fragmentation

Le matériel est réparti dans trois catégories (**Annexe 6.3**) : les tests complets, les tests quasi-complets et les fragments de test. Les tests entiers ne représentent que 2% du NR, les restes se répartissent donc entre les tests quasi-complets à 58% et les fragments de test à 41,40%.

Parmi les fragments de test, on observe de forts pourcentages pour les gastéropodes et deux bivalves (*Ostrea* sp. et *Perna picta*). Cette très forte fragmentation des gastéropodes peut s'expliquer, comme pour SWY1, par l'extraction de la chair du mollusque. La fragmentation des coquilles de *Perna picta* et d'*Ostrea* sp. s'explique par la très forte proportion de calcite foliée (Rhaods, 1980), sous la forme de feuillets qui se délitent facilement.

Le pourcentage de tests quasi-complets représente un peu plus de la moitié des restes avec 58 %, il comprend principalement des bivalves, 26% d'*Amiantis umbonella* et 16% de *Marcia opima.* Cette forte proportion des bivalves sous la forme de tests quasi-complets peut s'expliquer par différentes hypothèses.

- La cuisson des bivalves par ébullition à pour conséquence l'ouverture des valves et donc l'accès facile à la chair des mollusques. Elle ne laisse aucune trace macroscopique sur les coquilles. Lorsqu'on observe des traces sur le test, il s'agit généralement de brûlures consécutives à un rejet au feu, sur la flamme après consommation.
- Comme pour le site de SWY 1, on peut avancer l'hypothèse de l'utilisation d'un outil pour l'ouverture des valves. Il aurait permis d'ouvrir le bivalve sans causer de fracturation importante de la coquille. L'utilisation d'outil de type « couteau à huître » implique la présence de traces d'éclats sur la partie postérieure des deux valves. Pour l'instant, aucune étude n'a permis de mettre en évidence la présence sur le site d'un tel outil.

Deux espèces de gastéropode présentent des tests quasi-complets : *Cerithium scabridum* et *Cerithidea cingulata*. Il s'agit d'espèces dites accompagnatrices, de taille inférieure à 4 cm, elles n'ont donc pas été consommées. Leur présence parmi le matériel peut être liée à la collecte des bivalves en milieu vaseux. Lors de cette collecte, de la vase contenant des cérithes (*Cerithium scabridum* et *Cerithidea cingulata*) a pu être rapportée sur le lieu de préparation à la consommation.

8.3 Conservation du matériel

Le site de KHB 1 comprend un très grand nombre de restes coquilliers. Ils sont extrêmement bien conservés. Sur les 46.012 restes étudiés, seulement seize portent des traces liées au dépôt dans le sédiment telles que les piétinements, les altérations liées à l'érosion du sol (**Annexe 6.4**). De même, il n'y en a que vingt-cinq présentant les stigmates d'une altération liée à la mer (fragments roulés). La majorité des coquilles était donc ramassée vivante.

Seulement seize restes portent des perforations d'origine indéterminées, qui pourraient être liées à des prédateurs. Ces coquilles ont donc été ramassées mortes ce qui implique soit une collecte imprécise avec des coquilles vides ou habitées par des bernard-l'hermite, soit un ramassage ciblant des coquilles vides dans le but de fabriquer des objets de parure. L'utilisation de coquilles pour la parure n'empêchant pas la consommation du mollusque, il est probable que ces coquillages soient des erreurs de collecte.

8.4 Données environnementales

8.4.1 Etages

À partir des données sur la zonation bathymétrique des différentes espèces malacologiques (**Annexe 6.5**), il est possible d'obtenir des informations sur les lieux de collecte des mollusques marins pendant l'occupation du site de KHB 1 en utilisant les catégories définies dans le chapitre **6.2.4**. Les résultats obtenus indiquent une collecte effectuée dans la zone intertidale / infralittorale avec 51% des espèces collectées ; il s'agit principalement de bivalves de la famille des vénéridés. La zone intertidale est représentée essentiellement par des gastéropodes vivant en milieu rocheux. La zone intertidale stricte comprend seulement 10% des restes. Il s'agit principalement des espèces qui vivent fixées sur les rochers et des gastéropodes du milieu lagunaire.

On retrouve donc une configuration assez proche de celle que l'on a pu observer à SWY 1. Les espèces de la famille des vénéridés (intertidal / infralittoral) vivent à la limite de la zone de battement des marées et ne sont disponibles que pendant les fortes marées basses sur une période de temps assez courte. Les taxons de la zone intertidale sont principalement des espèces rocheuses qui sont disponibles pendant les marées basses. La collecte devait donc s'effectuer pendant les marées basses pour le milieu rocheux et seulement pendant les très fortes marées basses pour les bivalves.

8.4.2 Milieu

Les espèces identifiées pour KHB 1 proviennent de trois principaux milieux : vaseux, sableux et rocheux (**Annexe 6.5**).

Le milieu vaseux est représenté par 47% du NMI, essentiellement des vénéridés comme *Amiantis umbonella* 24% et *Marcia opima* 17%.

Les espèces inféodées strictement au milieu rocheux ne représentent que 7% du NMI. Pour l'espèce *Ostrea* sp. appartenant à la catégorie rocheux / mangrove et représentant 15%, il est probable qu'elle devait vivre en milieu rocheux puisque qu'aucune espèce appartenant strictement à la mangrove n'est présente sur le site.

Le milieu sableux comprend 21% des espèces de KHB 1. Il s'agit à 18% du gastéropode *Strombus persicus*. La collecte semble spécialisée sur ce petit strombe. Le site étant localisé sur une plate-forme rocheuse en bordure de mer, la collecte était donc effectuée en partie à proximité, probablement pendant les marées basses.

8.5 Quelle collecte ?

Le spectre malacologique indique une forte collecte en milieu vaseux, portant plus particulièrement sur des espèces comme *Marcia opima* et *Amiantis umbonella,* inféodées au milieu vaseux de type lagunaire. Actuellement, ce type de milieu n'existe pas à proximité du village de Ra's al-Khabbah ; on observe néanmoins, la présence d'une sebkha, juste derrière la terrasse d'abrasion marine sur laquelle est installé le site, à l'emplacement de l'ancienne lagune. La lagune devait être ouverte sur la mer puisque ces deux espèces vivent en milieu marin. Le ramassage de bivalves en milieu lagunaire implique une collecte effectuée pendant les marées basses.

Le choix de ces deux taxons pourrait indiquer une collecte sélective des espèces de grande taille. Pour le milieu sableux, l'espèce principalement collectée est *Strombus persicus* qui représente 18% du NMI. Le statut de cette espèce pour la consommation ou l'artisanat est

difficile à établir sur le site. L'utilisation de *Strombus persicus* pour la réalisation d'anneaux reste à vérifier ; sur certains sites les cônes ont été préférés. Il est très difficile de différencier ces deux genres quand ils ont fait l'objet de transformations. Dans ce contexte, la très forte fragmentation et le faible nombre de fragments perforés et roulés pourraient peut-être indiquer une consommation de ce coquillage puis sa possible réutilisation pour la fabrication d'anneaux.

Toutes ces espèces collectées pendant le 4^{e} millénaire av. J.-C. permettent de déterminer quel type de collecte était effectué à KHB 1. Ce ramassage semble avoir été ciblé sur des espèces de grande taille comme *Amiantis umbonella*, *Marcia opima* et *Strombus persicus*, (**Tab. 21**) ou sur celles qui pourraient être réutilisées pour la parure. La collecte était néanmoins très diversifiée avec un indice de Simpson de 0,82 et d'une grande richesse (ISO = 22,38).

MILIEU	Espèces principales		Espèces collectées occasionnellement		Espèces accompagnatrices (non consommées)	
	taxons	NMI	taxons	NMI	taxons	NMI
VASEUX LAGUNES	*Amiantis umbonella*	24%	*Marcia marmorata*	4%	*Cerithium scabridum*	4%
	Marcia opima	17%	*Anadara* sp.	4%		
ROCHEUX	*Ostrea* sp.	15%	*Perna picta*	4%		
SABLEUX	*Strombus persicus*	18%				

Tableau 21 : Répartition de la collecte en fonction des milieux (en gris les bivalves) pour le site de KHB 1.

9 Les sites de Ra's al-Jinz

9.1 Ra's al-Jinz 2 (Néolithique, Âge du Bronze)

L'étude du matériel de RJ 2 a été effectuée dans le cadre d'un DEA (Martin, 2000) puis complétée et précisée lors de la mission 2000-2001. Elle a fait l'objet d'une publication dans la revue *Paléorient* (Martin et Cleuziou, 2003) et comprend la totalité du travail malacologique effectué pour ce site. Cette étude a pour but d'établir avec précision l'origine des espèces collectées et leur importance dans l'alimentation des habitants de RJ 2. Elle met en avant la nécessité d'étudier ces restes, même sur les sites de type « assemblage diffus », permettant ainsi d'approfondir les relations homme-milieu marin.

9.1.1 Matériel d'étude

Le matériel provient d'un sondage effectué au centre du site dans une zone de rejet de consommation. Au total, 8597 restes ont été décomptés pour l'étude du sondage. Beaucoup de ces restes (319 restes) portent des traces de passage à la flamme (**Annexe 7.1**), probablement en raison du rejet au feu du test après consommation du mollusque.

Ce grand nombre de restes brûlés s'accompagne d'une forte fragmentation des coquilles engendrée d'une part par la présence de nombreuses moules fragiles et d'autre part par les Thaidinae et les Murex dont la forme de la coquille impose sa fracturation pour la consommation de la chair.

9.1.2 Article *Paléorient* 29 : 135-142.

Martin, C. et S. Cleuziou. 2003. L'exploitation de coquillages sur le site de RJ 2 à Ra's al-Jinz (Sultanat d'Oman, Néolithique et Âge du Bronze). *Paléorient* 29 : 135-142.

L'EXPLOITATION DE COQUILLAGES SUR LE SITE DE RJ2 À RA'S AL-JINZ (SULTANAT D'OMAN, NÉOLITHIQUE ET ÂGE DU BRONZE)

C. MARTIN et S. CLEUZIOU

Résumé : *Le site de RJ2 est localisé à proximité de la mer. Il a été occupé pendant le IV^e millénaire (Néolithique) puis durant une partie de l'Âge du Bronze, entre 2 500 et 2 000 BC environ (culture d'Umm an-Nar). Les études archéozoologiques ont montré que les poissons étaient très largement consommés (66,6 % du NR) ainsi que les tortues vertes (27,4 % du NR). Aux restes osseux, il faut rajouter les restes coquilliers, très nombreux sur le site. Ils indiquent une consommation des mollusques marins par ces populations. Ils sont composés principalement de moules (*Perna picta*) mais aussi de Muricidés* (Purpura panama, *Thaidinae,* Hexaplex kuesterianus) *et d'huîtres (*Saccostrea cucculata*). Toutes ces espèces vivent en milieu rocheux. La collecte de ces coquillages devait s'effectuer à proximité du site, le long des falaises rocheuses accessibles pendant la marée basse. Différentes stratégies ont été mises en évidence. Pendant le IV^e millénaire (Phase 1), il s'agit d'une collecte ciblée sur* Perna picta *et les espèces de la famille des Thaidinae. Elle ne semble pas avoir eu un grand impact sur le milieu. Pendant la période Umm an-Nar, deux grandes phases (Phase 2 et 3) se distinguent. La phase 2 indique une collecte axée sur* Perna picta *et les espèces de la famille des Thaidinae. Durant la phase 3,* Perna picta *est toujours l'espèce principale mais les Thaidinae ont été remplacés par* Hexaplex kuesterianus *et* Saccostrea cucculata. *Les causes de ce changement d'espèces peuvent être d'ordre écologique ou anthropique (surexploitation ou phénomène culturel).*
*Deux grandes tendances ont pu être mises en évidence, d'une part une collecte opportuniste et non spécialisée au IV^e millénaire et d'autre part une spécialisée sur la moule (*Perna picta*) pendant l'Âge du Bronze.*

Abstract : *The site of RJ2 is located near the sea. It was occupied during the IV^th millennium BC (Neolithic) and during the Bronze Age, between 2 500 and 2 000 BC (Umm an-Nar culture). Archaeozoological studies showed that fishes were widely consumed (66.6 % of the NR) as well as the green tortoises (27.4 % of the NR). In addition to bone remains, it is necessary to add the shell. They indicate a consumption of the maritime molluscs by these populations. They consist mainly of mussels (*Perna picta*) but also Muricidae (*Purpura Panama, *Thaidinae,* Hexaplex kuesterianus*) and oysters (*Saccostrea cucculata*). All these species live in rocky environment. The collection of these shells had to be made near the site, along the accessible rocky cliffs during the low tide.*
During the IV^th millennium BC (Phase 1), shell collection targeted Perna picta *and the species of the family of Thaidinae. It does not seem to have had a big impact on the environment. During the Umm an-Nar period, two major phases (Phase 2 and 3) can be distinguished. Phase 2 indicates a collection targeted on* Perna picta *with sometimes a collection on the species of the family of Thaidinae. During the phase 3,* Perna picta *is always the main species but the Thaidinae were replaced by* Hexaplex kuesterianus *and* Saccostrea cucculata. *The reasons of this change of species can be of an ecological order or from human exploitation (overexploitation or cultural phenomenon).*
In conclusion, during the IV^th millennium BC, shellfish collection was opportunistic and unspecialised, but during the Bronze Age it became targeted and specialised on the mussel species Perna picta.

Mots Clefs : *Archéomalacologie, Archéozoologie, Oman, Stratégie de collecte, Mollusques marins, Umm an-Nar, Néolithique acéramique, Âge du Bronze.*
Key-Words : *Archaeomalacology, Archaeozoology, Oman, Strategy of collection, Molluscs, Umm an-Nar, Aceramic Neolithic, Bronze Age.*

Manuscrit reçu le 3 novembre, accepté le 11 décembre 2003

Le site de RJ2 à Ra's al-Jinz[1] fut découvert en 1974 par Jim Humphries et son importance fut confirmée lors de prospections effectuées en 1981 et 1982 sous la direction de Maurizio Tosi. Les premières fouilles eurent lieu en décembre 1985. Elles furent organisées par une équipe franco-italienne (Joint Hadd Project) dirigée par Serge Cleuziou et Maurizio Tosi et s'échelonnèrent sur douze campagnes de deux mois environ entre 1985 et 1999. Nous livrons ici une étude préliminaire des très nombreux restes coquilliers recueillis. Ils correspondent à des rejets de consommation et permettent donc d'obtenir de nombreuses informations sur la collecte, son importance et sa fréquence.

LE SITE DE RA'S AL-JINZ 2

Ra's al-Jinz est actuellement un petit village situé à proximité d'une plage de sable d'environ 1 km de long, encadrée par une terrasse d'abrasion marine pléistocène (Stade V) de 30 m de hauteur. Le site est au pied d'une mesa détachée de cette terrasse par l'érosion fluviatile. Il comprend deux grands ensembles : le complexe Nord, composé de huit bâtiments, et le complexe Sud avec deux bâtiments. Les murs étaient en briques crues. Les différentes pièces semblent avoir été utilisées comme ateliers de fabrication d'anneaux en coquillage[2] ou comme lieux de stockage. La fouille a mis en évidence quatre périodes[3] d'occupation.

La période I, la plus ancienne, est antérieure à ces bâtiments et se caractérise par l'absence de céramique. Trous de poteaux et fosses sont creusés directement dans le substrat rocheux. Ce niveau correspond à une occupation de la fin du IV[e] millénaire av. J.-C. suivie sur les zones fouillées d'une période d'abandon. Les périodes II à IV appartiennent à la culture d'Umm an-Nar, comprise entre 2 700 et 2 000 av. J.-C. (Bronze ancien). La période II correspond à la première occupation des bâtiments du complexe sud, entre 2 500 et 2 250 av. J.-C. Plusieurs tessons harappéens y ont été découverts ainsi qu'un outillage de pêche : hameçons en cuivre, poids de filet en pierre[4]. Des noyaux de dattes, vraisemblablement importées de l'intérieur[5], indiquent qu'on y consommait ce fruit, cultivé en Oman depuis 3 000 av. J.-C. au plus tard. La période III voit, vers 2 300 av. J.-C., la construction du complexe Nord et comprend, durant un temps qui reste à déterminer, les dernières phases d'occupation du complexe Sud qui s'achèvent vers 2 100 av. J.-C. Le matériel est dans la continuité de la période précédente. La période IV (2 100-2 000) est connue par le seul bâtiment IV qui recouvre partiellement le complexe Nord. Pendant cette période, les ensembles précédents sont abandonnés.

Les études archéozoologiques[6] montrent que l'alimentation de ces populations était principalement tournée vers la mer. Les poissons sont majoritaires, ils représentent 66,6 % du nombre de restes provenant de rejets de consommation (exceptés les mollusques marins). Ces poissons étaient préparés comme en témoignent les plates-formes de fumage[7]. Les tortues vertes (*Chelonia midas*) qui représentent 27,4 % du nombre de restes, devaient être chassées sur les plages à proximité du site, cette zone étant un lieu de ponte privilégié pour cette espèce. Les 6 % restant comprennent 4,5 % de mammifères terrestres (dont 2,3 % de moutons et de chèvres) ainsi que 1 % de mammifères marins (*Delphinus delphis*) et 0,3 % d'oiseaux. À partir des restes de coquilles, plusieurs aspects ont pu être traités tels que la détermination des zones d'approvisionnement, les évolutions de ces zones ou bien encore l'impact de la collecte sur les populations de mollusques marins.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Le matériel coquillier étudié ici provient d'un sondage[8] implanté entre les deux groupes de bâtiments (fig. 1). Il avait pour but d'établir les corrélations stratigraphiques entre les deux complexes et de vérifier la présence éventuelle d'autres structures construites dans cette zone. Il n'a rencontré que de très nombreuses structures de combustion majoritairement associées à des restes de poissons. Le tamisage a été effectué à sec, à partir d'une maille d'environ 3 mm, ce qui est suffisant pour récupérer les fragments de coquilles de mollusques marins. Les espèces provenant du sondage sont très différentes de celles retrouvées en contexte d'habitat et dont l'utilisa-

1. La transcription en caractères latins du nom de ce site a été plusieurs fois modifiée à la demande des autorités omanaises. Généralement transcrite sur les cartes Ra's al-Junayz et parfois Ra's al-Jins, la transcription actuelle définitive est Ra's al-Jinz.
2. CHARPENTIER, 1994.
3. CLEUZIOU and TOSI, 2000.
4. CHARPENTIER, 1991.
5. COSTANTINI and AUDISIO, 2001.
6. BÖKÖNYI, 1992.
7. CLEUZIOU and TOSI, 2000.
8. Sondage effectué pendant la campagne d'hiver de 1993-1994 sous la direction de Sabatino Laurenza et Diego Angeluci

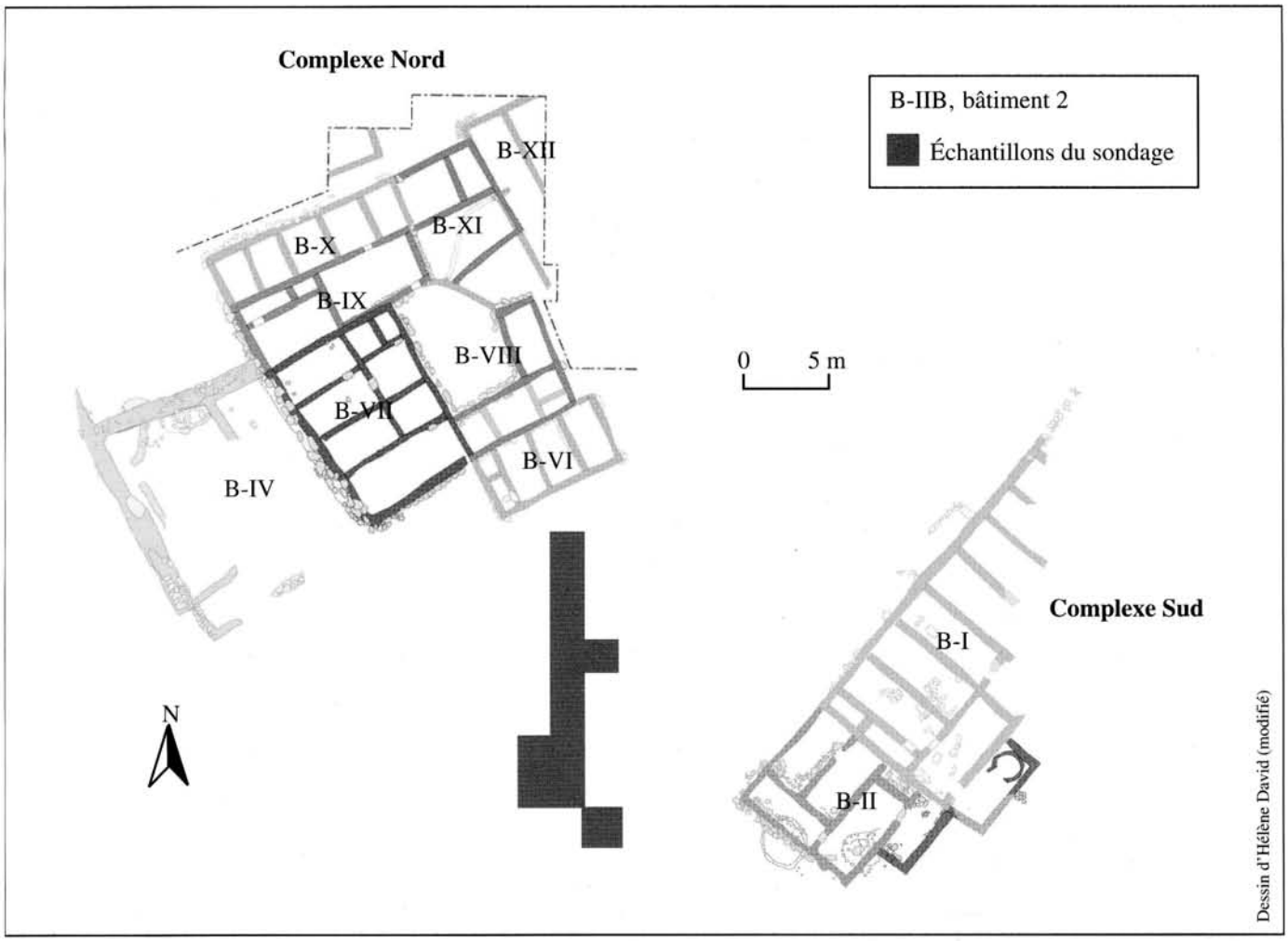


Fig. 1 : *Position du sondage.*

tion était principalement liée à l'artisanat. Les restes coquilliers du sondage correspondent uniquement à des rejets de consommation.

Les tests ont été identifiés grâce à plusieurs ouvrages spécialisés de malacologie[9] et à la collection de référence du Muséum national d'Histoire Naturelle à Paris. Le décompte des individus a été effectué sous la forme de nombre de restes (NR).

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Une quarantaine d'espèces ont été identifiées, réparties dans trois classes de mollusques marins : Gastéropodes, Bivalves et Polyplacophores. L'espèce *Balanus* sp. a aussi été intégrée à ce travail (bien que ce crustacé n'ait pas été consommé par l'homme) car elle permet d'interpréter certains phénomènes d'ordre écologique[10]. Pour l'étude de ce sondage 8 597 restes ont ainsi été décomptés (tableau 1).

La coquille de *Perna picta* étant extrêmement friable, seuls les fragments comportant la charnière ont été comptés ; cette espèce représente 87,63 % du NR total (tableau 2).

9. BOSCH *et al.*, 1995 ; OLIVER, 1992.

10. SHEPPARD *et al.*, 1992.

Tableau 1 : *Systématique et écologie des espèces.* Étage supralittoral *: zone humide positionnée au-dessus du niveau de la mer.* Étage intertidal *: zone de battement des marées.* Étage infralittoral *: commence au niveau maximum de la marée basse et s'arrête lorsque les fonds marins ne permettent plus la croissance d'herbes marines.* Étage circalittoral *: commence à la fin de l'étage infralittoral et se termine à la limite du plateau continental.*

Systématique				Écologie	
	Famille/Sous-famille	**Genre/espèces**	**Auteur de l'espèce**	**Milieu**	**Étage**
BIVALVIA	Arcidae	*Anadara* sp.		Dans le sable	Circalittoral
	Arcidae	*Barbatia foliata*	(Forsskal, 1775)	Attaché aux rochers et aux crevasses	Infralittoral et Circalittoral
	Arcidae	*Barbatia oblicata*	(Wood, 1828)	Attaché aux rochers et aux crevasses	Intertidal et Infralittoral
	Arcidae	*Barbatia* sp.		Attaché aux rochers et aux crevasses	–
	Cardiidae	*Cardiidae*		–	–
	Pectinidae	*Chlamys* sp.		–	–
	Pectinidae	*Chlamys towsendi*	(Sowerby, 1895)	Attaché sur ou entre les rochers	Circalittoral
	Corbulidae	*Hiatella flaccida*	(Gould, 1861)	Dans les crevasses	Intertidal à Circalittoral
	Mytilidae	*Perna picta*	(Born, 1778)	Attaché aux rochers	Intertidal
	Pteriidae	*Pinctada* sp.		–	–
	Ostreidae	*Saccostrea cucculata*	(Born, 1778)	Couvre les rochers	Intertidal
	Cancellariidae	*Scalptia* sp.		–	–
	Semelidae	*Semele* sp.		–	–
GASTROPODA	Olividae	*Ancilla* sp.		Sable	Intertidal et Infralittoral
	Buccinidae	*Babylonia* sp.		–	–
	Nassariidae	*Bullia mauritania*	Gray, 1839	Sable	Intertidal, Infralittoral et Circalittoral
	Nassariidae	*Bullia semiplicata*	Gray *in* Griffith & Pidgeon, 1834	Sable	–
	Patellidae	*Cellana rota*	(Gmelin, 1791)	Sur les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Cerithiidae			–	–
	Cerithiidae	*Clypeomorus bifaciatus*	(Sowerby, 1855)	Sur et sous les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Conidae	*Conus* sp.		Plages sableuses	–
	Cypraeidae	*Cypraea* sp.		Sous les rochers et les crevasses	Intertidal et Infralittoral
	Muricidae	*Hexaplex kuesterianus*	(Tapparone-Canefri, 1875)	Sur et sous les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Terebridae	*Impages hectica*	(Linné, 1758)	Sable	Intertidal et Infralittoral
	Littorinidae	*Littoraria intermedia*	(Philippi, 1846)	Milieux rocheux	Intertidal et Infralittoral
	Turbinidae	*Lunella coronata*	(Gmelin, 1791)	Sur les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Neritidae	*Nerita debilis*	Dufo, 1840	Sous les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Neritidae	*Nerita longii*	Récluz, 1841	Sous les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Neritidae	*Nerita* sp.		Sous les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Olividae	*Oliva bulbosa*	(Röding, 1798)	Dans le sable	Intertidal, Infralittoral et Circalittoral
	Olividae	*Oliva* sp.		Dans le sable	Intertidal, Infralittoral et Circalittoral
	Patellidae	*Patella flexuosa*	Quoy & Gaimard, 1834	Sous les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Naticidae	*Polinices cf. aurantius*	(Röding, 1798)	Dans le sable	–
	Muricidae	*Purpura panama*	Röding, 1798	Milieux rocheux	Intertidal et Infralittoral
	Siphonariidae	*Siphonaria savignyi*	Krauss, 1848	Sous les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Strombidae	*Strombus* sp.		Milieux rocheux	Intertidal et Infralittoral
	Muricidae, Thaidinae			Milieux rocheux	Intertidal et Infralittoral
	Muricidae	*Thais (mancinella) alouina*	(Röding, 1798)	Rochers exposés	Intertidal et Infralittoral
	Muricidae	*Thais bimaculata*	(Jonas, 1845)	Sur les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Muricidae	*Thais savignyi*	(Deshayes, 1844)	Sous les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Muricidae	*Thais tissoti*	(Petit, 1853)	Sous les rochers	Intertidal et Infralittoral
	Trochidae	*Trochus* sp.		Milieux rocheux	Intertidal
	Trochidae	*Trochus erithraeus*	Brocchi, 1823	Sur les rochers	Intertidal
	Trochidae	*Umbonium vestiarium*	(Linné, 1758)	Dans le sable	Intertidal et Infralittoral
POLY-PLACOPHORA	Chitonidae	*Chiton* sp.		Sur les rochers	

Tableau 2 : *NR et proportion de restes par unité stratigraphique.*

Période du site	US	*Perna picta*		*Balanus* sp.		Thaidinae (5 sp.)		*Hexaplex kuesterianus*		*Saccostrea cucculata*		Autres gast. (25 sp.)		Autres bivalves (11 sp.)		IND.		*Chiton* sp.		Total
		NR	%	NR	%	NR	%	NR	%	NR	%	NR	%	NR	%	NR	%	NR	%	NR
III	6001	1187	83,89	46	3,25	17	1,2	64	4,5	79	5,6	18	1,3	1	0,1	3	0,2	0	0	1415
	6003	719	88	23	2,8	6	0,7	25	3	31	3,8	8	1	2	0,2	3	0,4	0	0	817
	6006	506	78,82	38	5,9	20	3,1	18	3	30	4,7	16	2,5	5	0,8	9	1,4	0	0	642
	6007	717	89,07	24	3	18	2,2	8	1	18	2,2	13	1,6	7	0,9	0	0	0	0	805
	6013	563	92,14	28	4,6	6	1	2	0,3	4	0,65	7	1,15	0	0	1	0,2	0	0	611
	6018	529	92,97	8	1,4	21	3,7	2	0,35	4	0,7	4	0,7	1	0,2	0	0	0	0	569
II	6016	643	87,13	25	3,4	31	4,2	6	0,8	20	2,7	8	1,1	1	0,1	4	0,5	0	0	738
	6019	614	90,96	17	2,5	28	4,15	6	0,9	3	0,4	6	0,9	1	0,15	0	0	0	0	675
	6022	388	92,82	4	1	21	5	0	0	1	0,2	2	0,5	2	0,5	0	0	0	0	418
	6020	1083	85,75	12	0,95	110	8,7	11	0,9	23	1,8	15	1,2	6	0,5	2	0,2	1	0,1	1263
I	6021	323	50,16	69	10,7	175	27,2	1	0,2	19	2,95	37	5,7	7	1,1	6	0,9	7	1,1	644

Cette moule vit uniquement dans la zone intertidale en milieu rocheux et plus particulièrement dans les zones battues par la mer. Son mode de vie en banc fixé sur les rochers permet une collecte assez aisée, notamment pendant les périodes de forte marée basse[11]. On dénombre, en outre, tout un panel d'espèces vivant aussi en milieu rocheux (tableau 1). Ce milieu était donc une zone de collecte privilégiée de coquillages, laquelle s'effectuait probablement à proximité du site, le long de la côte, zone composée principalement des falaises rocheuses taillées par l'érosion dans la terrasse d'abrasion dont le pied est accessible à marée basse (fig. 2).

L'étude de ces espèces dites minoritaires permet d'obtenir de nombreuses informations sur la collecte. Elles vivaient en effet en milieu rocheux et étant consommables, elles ont été collectées en même temps que les moules (fig. 3).

Le diagramme taxinomique de la figure 4 fait apparaître un découpage en trois phases.

Phase 1

La phase 1 est représentée par une seule unité stratigraphique de faible puissance, correspondant à l'occupation de

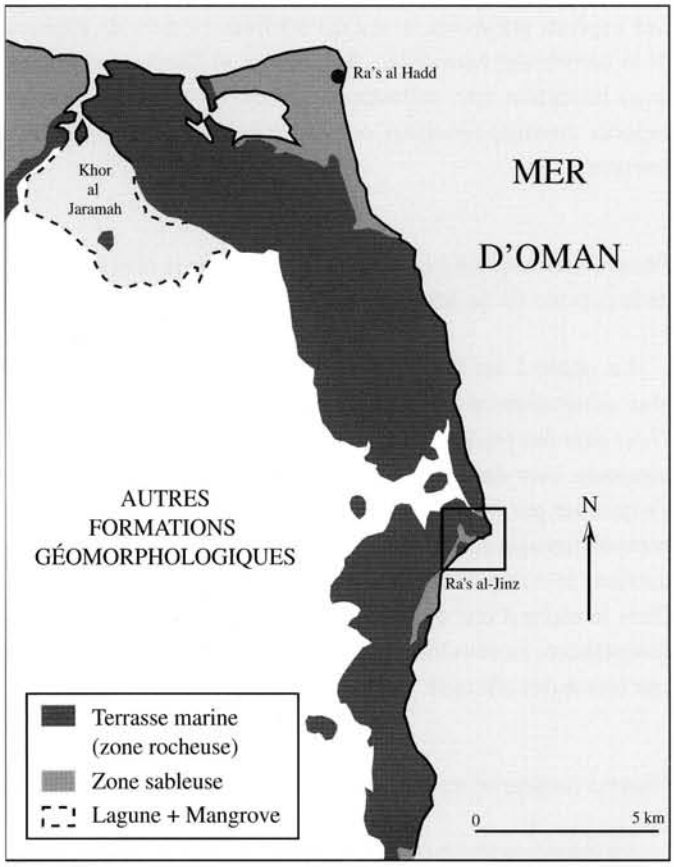


Fig. 2 : *Répartition des différents milieux côtiers à proximité du site.*

11. Actuellement cette espèce est largement collectée lors des marées basses par les populations locales.

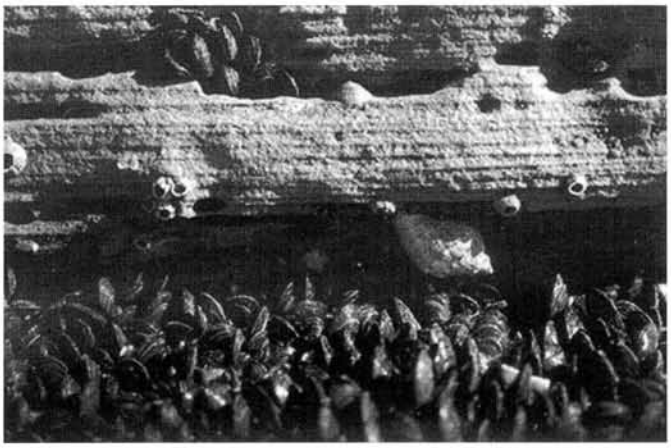


Fig. 3 : *Exemples de répartition de différentes espèces (en bas : banc de* Perna picta *; au milieu :* Purpura panama *(gros gastéropode) ; en haut :* Balanus sp.*).*

la seconde moitié du IV[e] millénaire BC sur le site. *Perna picta* ne représente que 50 % du NR et les Thaidinae plus de 25 %. Cette phase se distingue donc clairement des autres. Les espèces présentes, assez diversifiées (toutes les espèces de la famille des Muricidae, *Balanus sp.* et *Saccostrea cucculata*) indiquent une collecte en milieu rocheux. Toutes les espèces du milieu rocheux ont été collectées, sans réelle distinction.

Phase 2 (correspond à la période II et la partie la plus profonde de la période III du site)

La phase 2 est dominée par l'espèce *Purpura panama* et plus généralement par les Thaidinae. Les espèces du genre *Thais* sont des prédateurs de *Balanus* sp. (tout comme *Purpura panama*). Leur diminution progressive pendant la phase 2 peut s'expliquer par une compétition avec *Purpura panama*. Cette compétition agit de manière négative sur la croissance, la reproduction, le comportement et la taille des deux compétiteurs. Dans le cadre d'une dynamique de compétition, le nombre de compétiteurs va entraîner une diminution des ressources et donc une baisse des effectifs.

Phase 3 (concerne les 4 niveaux supérieurs de la période III)

La troisième phase est caractérisée par de nombreux changements. Les espèces de la famille des Thaidinae disparaissent progressivement et sont remplacées par *Hexaplex kuesterianus* et *Saccostrea cucculata*. Pour expliquer ce changement, trois hypothèses peuvent être proposées :

– Changement d'ordre écologique ?

Balanus sp. vit dans un milieu rocheux avec une forte exposition aux vagues[12]. Un changement de turbidité des eaux aurait pu conduire à la décroissance des effectifs de *Balanus* sp. et par conséquent à une diminution de ses prédateurs, les Thaidinae. Ce changement se serait alors effectué au profit d'*Hexaplex kuesterianus* qui entre en compétition avec *Purpura panama*. La collecte par l'homme aurait pu s'orienter vers cette espèce, présente en plus grande quantité. Le même phénomène pourrait être invoqué pour *Saccostrea cucculata* qui aurait été collectée par l'homme pour compenser la diminution des Thaidinae.

– Surexploitation ?

Pour des raisons difficiles à préciser, l'homme, par un ramassage trop intensif, aurait pu entraîner la raréfaction des espèces de la sous-famille des Thaidinae pendant la phase 2. La raréfaction des populations de Thaidinae, suite à un ramassage intensif, aurait amené l'homme à reporter son effort de collecte sur *Hexaplex kuesterianus* et *Saccostrea cucculata*.

– Spécialisation de la collecte ?

Cette diminution peut s'expliquer par des modifications des modalités de collecte liées à la diminution des Thaidinae. La recherche de nourriture s'oriente alors vers de plus gros gabarits représentant un intérêt alimentaire plus important, c'est-à-dire vers *Hexaplex kuesterianus*[13] et *Saccostrea cucculata*.

CONCLUSION

La collecte des coquillages sur le site de RJ2 à Ra's al-Jinz pendant les trois périodes d'occupation étudiées était donc principalement ciblée sur l'espèce *Perna picta*. Cependant, l'étude des espèces secondaires met en évidence des fluctuations entre ces trois périodes.

12. MOORE, 1958.

13. *Hexaplex kuesterianus* appartient à la famille des Muricidae, il est donc susceptible d'être utilisé pour la production de pourpre. Pour l'instant aucune accumulation ou structure particulières n'ont pu être mises en évidence.

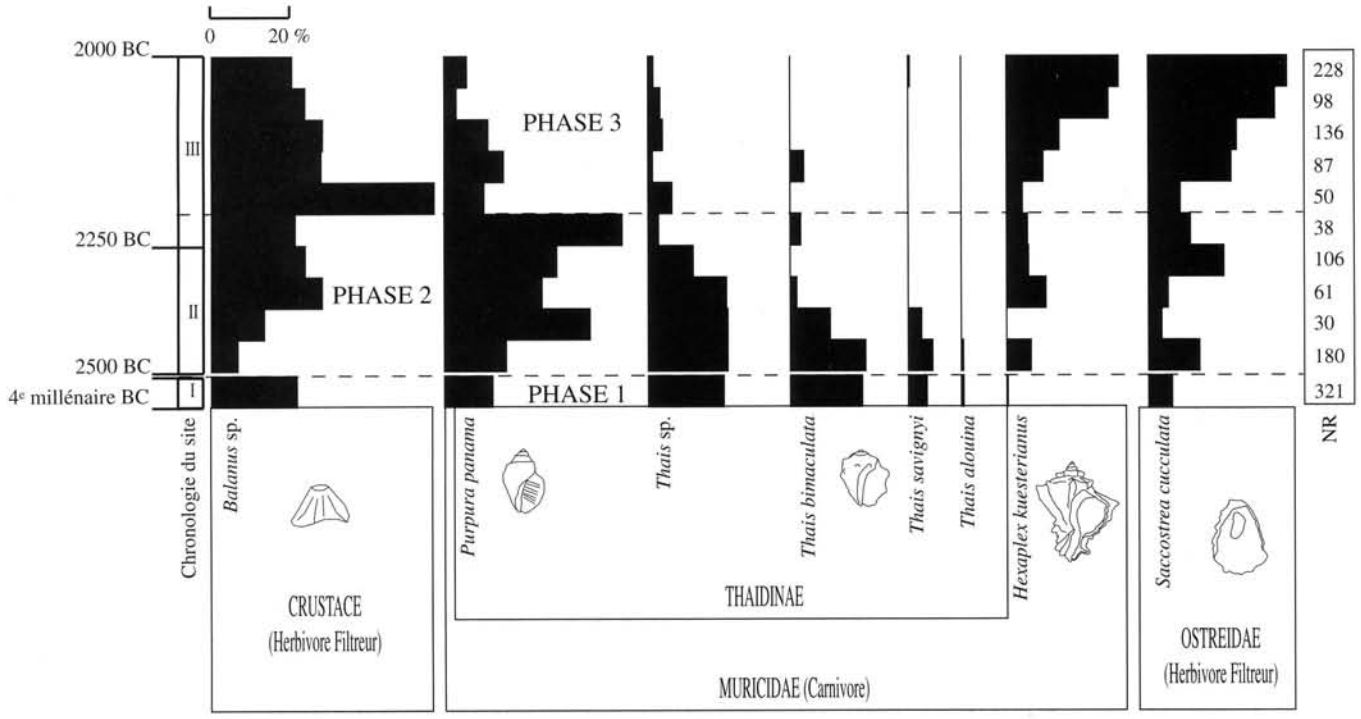


Fig. 4 : *Diagramme malacologique de RJ2. Pourcentage effectué par niveau archéologique (excluant l'espèce* Perna picta*).*

La phase 1 (IVe millénaire) indique une collecte peu spécialisée, le ramassage étant effectué sur toutes les espèces présentes sur le milieu rocheux. Cette collecte peut être qualifiée d'opportuniste, toutes les espèces rocheuses étant collectées sans réelle distinction.

Durant la phase 2, la collecte semble plus ciblée sur les espèces de la sous-famille des Thaidinae. Le ramassage ne semble pas avoir eu de réel impact sur le milieu rocheux, les seules fluctuations perceptibles s'expliquent par des phénomènes d'ordre écologique.

Les variations visibles pendant la troisième phase sont beaucoup plus difficiles à interpréter. Les Thaidinae disparaissent progressivement au profit d'*Hexaplex kuesterianus* et *Saccostrea cucculata*. Ce changement peut s'expliquer par des variations d'ordre écologique, une surexploitation du milieu ou bien un choix ciblé (collecte sur des espèces au gabarit plus important), les trois hypothèses étant envisageables conjointement.

Différentes stratégies de collecte sont donc visibles à travers l'étude des coquillages et en fonction des différentes périodes d'occupation ; une collecte aléatoire, non spécialisée pour la phase 1, une collecte ciblée sur *Perna picta* et les Thaidinae n'ayant pas d'influence sur le milieu (collecte occasionnelle ?) pour la phase 2 ; enfin une collecte ciblée sur *Perna picta* avec une possible spécialisation sur les espèces de grande taille, pour la phase 3.

Deux grandes tendances semblent se distinguer, pendant le IVe millénaire (phase 1), la collecte est diversifiée et de type opportuniste ; pour l'Âge du Bronze (phase 2 et 3), la collecte est spécialisée et ciblée et semble correspondre à une collecte occasionnelle.

REMERCIEMENTS

Nous remercions le Dr Ali bin Bakhit al Shanfari, directeur des Antiquités au ministère de la Culture et de l'Héritage omanais ainsi que toute l'équipe du Joint Hadd Project d'avoir permis la réalisation de ce travail dans le cadre d'un DEA environnement et archéologie (sous la direction de Jean Desse). La détermination du matériel malacologique a été effectuée avec l'aide de Pierre Lozouet du Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins (Muséum national d'Histoire naturelle). Nous remercions aussi Jean-Denis Vigne,

Marie Balasse, Nathalie Serrant et Corinne Tesnier-Hermetey pour leurs conseils.

Chloé MARTIN
UMS 303/UMR 5197,
Archéozoologie, histoire des sociétés humaines
et des peuplements animaux
Département Écologie et Gestion de la biodiversité
Muséum national d'Histoire naturelle
Bâtiment d'anatomie comparée
Case postale n° 55
55 rue Buffon
75005 Paris
France
chloem@mnhn.fr

Serge CLEUZIOU
UMR 7041
Maison de l'archéologie et de l'ethnologie
21 allée de l'Université
92023 Nanterre Cedex
France
cleuziou@mae.u-paris10.fr

BIBLIOGRAPHIE

BÖKÖNYI S.

1992 Preliminary Information on the Faunal Remains from Excavations at Ra's al-Junayz (Oman). *In* : JARRIGE C. (ed.), *South Asian Archaeology 1989* : 45-48. Madison, Wisc. (*Monographs in World Archaeology* 14)

BOSCH D.T., DANCE S.P. and MOOLENBEEK R.G.

1995 *Seashells of Eastern Arabia*. London : Motivate publishing.

CHARPENTIER V.

1991 La fouille du campement préhistorique de Ra's al-Junayz 37, (RJ37) Sultanat d'Oman. *Paléorient* 17,1 : 127-141.

1994 A specialized production at regional scale in Bronze Age Arabia : shell rings from Ra's al-Junayz area (sultanate of Oman). *In* : KOSKEMIENNI K. and PARPOLA A. (eds), *South Asian Archaeology 1993* : 157-170. Helsinki : Suomalainen Tiedeakatenia.

CLEUZIOU S. and TOSI M.

2000 Ra's al-Jinz and the Prehistoric Coastal Cultures of the Ja'alan. *Journal of Oman Studies* 11 : 19-73.

COSTANTINI L. and AUDISIO P.

2001 Plant and Insect remains from the Bronze Age site of Ra's al-Jinz (RJ2), Sultanate of Oman. *Paléorient* 26,1 : 143-156.

MOORE B.H.

1958 *Marine Ecology*. London : Wiley J.

OLIVER G.

1992 *Bivalved Seashells of the Red Sea*. Cardiff : National Museum of Wales.

SHEPPARD C., PRICE A. and ROBERTS C.

1992 *Marine Ecology of the Arabian Region*. London : Academic Press.

9.1.3 Commentaires

Cette étude demande à être complétée par une analyse détaillée des restes de poissons et autres vertébrés. En effet, l'étude archéozoologique effectuée par S. Bökönyi (1992 ; 1998) ne donne aucune précision sur la localisation du matériel qui nous permettrait de comparer avec la consommation des coquillages. Sans ce travail, il est pour l'instant très difficile d'établir avec certitude quelle part de l'alimentation occupaient les coquillages. Néanmoins, les observations effectuées sur le terrain indiquent un grand nombre de restes de vertébrés (Cleuziou et Tosi, 2000), permettant d'avancer l'hypothèse d'une consommation secondaire des mollusques, d'abord opportuniste, pendant le IV^{e} millénaire av. J.-C. puis plus spécialisée pendant l'Âge du Bronze. L'alimentation était essentiellement tournée vers les ressources marines exploitées aussi bien pendant le Néolithique qu'à l'Âge du Bronze.

TAXONS	MILIEU	NR	%
GASTEROPODES			
Terebralia palustris	mangrove	1	0,01
Cellana rota	rocheux	72	0,58
Cypraea sp.	rocheux	7	0,06
Engina mendicaria	rocheux	2	0,02
Hexaplex kuesterianus	rocheux	9	0,07
Lunella coronata	rocheux	51	0,41
Mitrella blanda	rocheux	3	0,02
Nerita textilis	rocheux	3	0,02
Purpura panama	rocheux	1603	12,9
Siphonaria savignyi	rocheux	9	0,07
Thaidinae	rocheux	693	5,58
Thais alouina	rocheux	16	0,13
Thais bimaculata	rocheux	442	3,56
Thais savignyi	rocheux	96	0,77
Thais tissoti	rocheux	2	0,02
Trochoidea	rocheux	1	0,01
Trochus erithreus	rocheux	53	0,43
Trochus sp.	rocheux	3	0,02
Littoraria intermedia	rocheux / mangrove	15	0,12
Nerita sp.	rocheux / mangrove	176	1,42
Planaxis sulcatus	rocheux / vaseux	3	0,02
Architectonica sp.	sableux	1	0,01
Conus sp.	sableux	76	0,61
Ficus subintermedia	sableux	1	0,01
Impages hectica	sableux	2	0,02
Oliva bulbosa	sableux	1	0,01
Oliva sp.	sableux	18	0,14
Polinices cf. *aurantius*	sableux	1	0,01
Strombus sp.	sableux	2	0,02
Umbonium vestiarium	sableux	23	0,19
Cerithium scabridum	sableux / vaseux	1	0,01
Zootecus insularis	aride	6	0,05
Tutufa bardeyi	indéterminé	1	0,01
BIVALVES			
Barbatia foliata / decussata	rocheux	7	0,06
Barbatia oblicata	rocheux	16	0,13
Chlamys sp.	rocheux	12	0,1
Chlamys towsendi	rocheux	1	0,01
Irus macrophylla	rocheux	1	0,01
Chama sp.	rocheux	8	0,06
Hiatella flaccida	rocheux	3	0,02
Perna picta	rocheux	7082	56,98
Pinctada sp.	rocheux	1	0,01
Asaphis violascens	rocheux / graveleux	1	0,01
Ostrea sp.	rocheux / mangrove	225	1,81
Acrosterigma assimile	sableux	1	0,01
Anadara sp.	sableux / vaseux	3	0,02
Plagiocardium pseudolima	vaseux	4	0,03
Marcia marmorata	vaseux	1	0,01
Meropesta pellucida	indéterminé	1	0,01
AUTRES			
Balanus sp.	rocheux	1458	11,73
Chiton sp.	rocheux	109	0,88
IND.	indéterminé	91	0,73
Roulé	indéterminé	11	0,09
Total		12429	100

Tableau 22 : Répartition des restes malacologiques de RJ 1 en fonction des différents taxons avec indication du milieu et du nombre de restes.

9.2 Ra's al-Jinz 1 (occupation du 4e millénaire av. J.-C. à la période Wadi-Suq)

Ra's al-Jinz 1 (RJ 1) est localisé au sommet d'une terrasse d'abrasion marine d'une trentaine de mètres de hauteur. Cette zone est très riche en vestiges archéologiques et de nombreux restes coquilliers sont éparpillés sur toute la surface.

9.2.1 Matériel d'étude

Au total 12.429 restes ont été identifiés pour ce site (**Annexe 7.2**). Ils se répartissent parmi une cinquantaine d'espèces appartenant à quatre classes : bivalves, gastéropodes, polyplacophores et crustacés (**Tab. 22**). La classe des bivalves est composée de 31 espèces dont *Ostrea* sp. (huître) et *Perna picta* (moules) qui représentent 59% du NR. Trente-trois espèces renvoient à la classe des gastéropodes. Il s'agit principalement de *Thais bimaculata* et *Purpura panama* de la famille des Thaidinae soit 23% de la totalité du matériel. Pour la classe des crustacés, seules les espèces appartenant au genre *Balanus* sp. ont été identifiées. Ce taxon n'est pas consommable mais, de par son écologie, il est intéressant de l'associer à l'étude malacologique afin d'obtenir des informations sur le milieu. Les polyplacophores sont représentés par les espèces du genre *Chiton* sp. La consommation des taxons de cette classe n'est pas encore attestée mais on les trouve parfois dans des quantités assez importantes sur certains sites côtiers du Pakistan (Desse et Desse-Berset, 2004) et sur des sites de l'âge du Bronze en Oman.

Les espèces les plus représentées sur le site sont *Perna picta* avec 57% de la totalité des restes soit 7083 restes, puis *Purpura panama* avec 13% (soit 1603 restes) et enfin *Balanus* sp. avec 12% soit 1458 restes.

Les données obtenues pour RJ 1 sont difficilement interprétables car les résultats n'ont pour l'instant pas pu être replacés dans une séquence stratigraphique. Le principal intérêt de ce matériel réside dans l'étude des milieux collectés et dans la comparaison avec l'étude effectuée à RJ 2.

9.2.2 Conservation du matériel

Sur 12429 restes de coquilles, 98% sont fragmentés (**Annexe 7.2.1**). L'espèce *Perna picta* dont la coquille est très fine, a tendance à se briser très facilement. Les Thaidinae sont des gastéropodes qui nécessitent la fracturation du test pour récupérer la chair. Cette très forte fragmentation n'a donc pas été engendrée par une mauvaise conservation du matériel mais résulte plutôt de la nature même des coquilles qui sont présentes sur le site.

Cette forte fragmentation s'accompagne d'un grand nombre de tests comportant des traces de passage au feu (**Annexe 7.2.2**). Ces traces présentes sur la totalité du test ne sont pas forcément indicatrices d'une cuisson du coquillage. En effet, la cuisson d'un coquillage ne nécessite pas une longue période de contact avec les flammes. Il s'agirait donc plutôt d'un rejet du test dans le feu, après consommation. Parmi les restes rejetés au feu, on trouve les Thais, les huîtres, les moules et le genre *Balanus* sp.

Les restes comportant des perforations et les fragments roulés par la mer sont peu nombreux, avec seulement 14 fragments roulés et 8 perforés. Les coquillages étaient donc ramassés vivants afin d'être consommés.

9.2.3 Lieux de collecte : milieu et étage bathymétrique

L'analyse de la répartition quantitative des taxons par milieu écologique (**Tab. 23**) montre une collecte effectuée exclusivement en milieu rocheux avec 11939 restes soit 96% et principalement ciblée sur *Perna picta* (moule) et les espèces de la famille des Thaidinae (pourpres et thais).

Le ramassage s'effectuait dans la zone intertidale stricte et plus précisément en zone rocheuse accessible pendant les marées basses. Cette zone est principalement habitée par les moules (*Perna picta*) et les Thaidinae qui se nourrissent de balanes. Il est facile d'imaginer quel type de collecte pouvait être effectué à RJ 1. Le ramassage n'était pas ciblé, toutes les espèces étaient collectées. La présence de *Balanus* sp. (balanes), dont les principaux prédateurs sont les Thaidinae, s'explique alors par une collecte peu soignée effectuée en masse dans la zone rocheuse.

a-

	NR	%
Aride (terrestre)	6	0,0
indéterminé	104	0,8
mangrove	1	0,0
rocheux	11939	96,1
rocheux/graveleux	1	0,0
rocheux/mangrove	240	1,9
rocheux/vaseux	3	0,0
sableux	126	1,0
sableux/vaseux	4	0,0
vaseux	5	0,0
Total	12429	100,0

b-

	NR	%
indéterminé	181	1,6
infralittoral	3	0,0
intertidal	1670	15,2
intertidal / infralittoral	161	1,5
intertidal strict	8950	81,6
terrestre	6	0,1
Total	10971	100,0

Tableaux 23 : Répartition des restes de RJ 1 en fonction du biotope (a) et de l'étage bathymétrique (b).

9.2.4 Comparaison avec RJ 2

Malgré l'impossibilité d'établir la chronologie du site, les premières observations faites sur le site de RJ 1 permettent d'obtenir une image qui semble très proche de celle qui avait été observée sur RJ 2 au Néolithique comme à l'Âge du Bronze, avec tout de même quelques différences puisque les proportions de moules sont beaucoup moins importantes avec seulement 56% pour RJ 1 contre 90% pour RJ 2. Pour les deux sites, les espèces du milieu rocheux ont été exploitées par l'homme. Ce biotope est en effet facile d'accès pendant les marées basses et très riche en coquillages (Sheppard *et al.*, 1992). Dans les deux cas, de nombreux restes ont été rejetés au feu après consommation et le matériel est associé aux balanes. Néanmoins, on peut noter quelques différences. À RJ 2, il est possible, par l'étude diachronique, d'observer une progressive spécialisation de la collecte d'abord sur les moules puis vers des espèces de plus grande taille comme *Hexaplex kuesterianus*. Pour RJ 1, la collecte apparaît beaucoup plus opportuniste sans réelle préférence pour une espèce particulière.

10 Ra's al-Hadd 6

Le site de Ra's al-Hadd 6 comprend un grand nombre de coquilles avec 7883 restes répartis aussi bien en contexte d'habitat qu'à l'extérieur (**Tab. 24**). Le matériel étudié provient de ces deux zones. En contexte d'habitat (**Annexe 8.1**), certaines pièces d'habitation ont été étudiées conjointement, du fait de leur proximité et de leur organisation. Ainsi les pièces IV, V, VI et VIII, d'une part, et les pièces XXIV, XXV et XXVI, d'autre part, ont été regroupées car elles venaient de deux ensembles architecturaux cohérents. D'autres pièces étudiées ont été regroupées du fait de leur nombre de restes très faible ; c'est le cas des pièces III, VII, XI, XXIII et XXII. Hors de l'habitat, le sondage ne comporte que deux unités stratigraphiques que j'ai étudiées séparément (**Annexe 8.2**).

TAXONS	MILIEU	Sondage (NMI)		contexte d'habitat
		US 400	US 401	NR
GASTEROPODES				
Ancilla castanea	sableux / vaseux	1		6
***Ancilla* sp.**	sableux			1
***Architectonica* sp.**	sableux	2	1	
Barbatia foliata / decussata	rocheux	61	20	22
Barbatia oblicata	rocheux	43	38	3
***Barbatia* sp.**	rocheux			1
Bulla ampulla	sableux			3
Cellana rota	rocheux	26	9	1
Cerithidea cingulata	vaseux			3
Cerithium caeruleum	rocheux	5	1	
Cerithium scabridum	sableux / vaseux			2
Clypeomorus bifasciatus	rocheux			5
***Conus* sp.**	sableux	7		4
Cymatium aquatile	sableux		1	
***Cymatium* sp.**	indéterminé		1	
Cypraea onyx ciccinta	rocheux			1
***Cypraea* sp.**	rocheux	4	1	6
Engina zea	rocheux	1	1	
Ficus subintermedia	sableux	1		
Hexaplex kuesterianus	rocheux	8	2	5
***Hipponix* sp.**	indéterminé			2
Lambis truncata sebae	sableux			1
Littoraria intermedia	rocheux / mangrove	7		73
Lunella coronata	rocheux	31	24	5
Melampus castaneus	vaseux / mangrove			4
Mitrella blanda	rocheux			1
Modulus ketum	sableux	3	2	
Nassarius coronatus	sableux	5	4	1
Nassarius gemuliferus	rocheux			1
Nassarius persicus	vaseux			1
Nassarius plicatus	sableux			2
Nassarius splendidulus	sableux	1		
***Natica* sp.**	sableux	1		
Nerita albicilla	rocheux		3	
Nerita longii	rocheux	43	8	13
***Nerita* sp.**	rocheux	20	6	37
Nerita textilis	rocheux	4		

TAXONS	MILIEU	Sondage (NMI)		contexte d'habitat
		US 400	US 401	NR
Oliva bulbosa	sableux			8
Patella flexuosa	rocheux	1		
Planaxis sulcatus	rocheux / vaseux	1		
Pleurocopa trapezium	sableux			1
Polinices* cf. *aurantius	sableux	7		1
Potamides conicus	vaseux			19
Purpura panama	rocheux	6	5	1
Siphonaria savignyi	rocheux	6	2	3
Terebra nebulosa	indéterminé			2
Thaidinae	rocheux	18	2	2
Thais bimaculata	rocheux	3	1	1
Thais lacera	rocheux		1	
Thais savignyi	rocheux	6	6	4
Thais tissoti	rocheux		2	
Tonna luteostoma	sableux			1
Tonna olearium	sableux			1
***Tonna* sp.**	sableux			3
Turbo radiatus	rocheux	4	5	3
Umbonium vestiarium	sableux			12
Zootecus insularis	aride	1		105
BIVALVES				
Acrosterigma assimile	sableux	4		2
***Anadara* sp.**	sableux / vaseux	22	13	26
Asaphis violascens	rocheux / graveleux	37	10	46
Beguina gubernaculum	rocheux	1		
***Chama* sp.**	rocheux			2
Chlamys livida	rocheux	1	1	3
Chlamys senatoria	rocheux			4
***Chlamys* sp.**	rocheux			4
Chlamys towsendi	rocheux			5
Circenita callipiga	vaseux	2		1
Codakia tigerina	sableux			2
Donax towsendi	sableux			1
Glycymeris pectunculus	sableux	1		4
***Isognomon* sp.**	rocheux			3
Marcia marmorata	vaseux	39	1	
***Meretrix* sp.1**	vaseux	1		
Noetiella chesneyi	rocheux	1		
***Ostrea* sp.**	rocheux / mangrove	138	80	199
Perna picta	rocheux		617	453
Pinctada* cf. *nigra	rocheux			1
Pinctada margaritifera	rocheux	5	6	23
***Pinctada* sp.**	rocheux	1		3
Plagiocardium pseudolima	vaseux	1	1	
Spondylus marisrubri	rocheux			4
***Spondylus* sp.**	rocheux			4
Sunetta effossa	sableux	1		
Trapezium sublaevigatum	rocheux	10	12	10
Veneridae	indéterminé			1
AUTRES				
***Balanus* sp.**	rocheux	10	4	14
***Chiton* sp.**	rocheux			4
IND Roulé	indéterminé	7	1	267
IND.	indéterminé	1		3
TOTAL		610	892	1460

Tableau 24 : Répartition des restes en NR et NMI avec indication du milieu pour les US 400 et 401 (hors contexte d'habitat) et pour les pièces.

10.1 Fragmentation et conservation

Parmi ces 7883 restes, 70% sont des fragments de test (**Tab. 25**). Cette forte fragmentation s'explique par un fort pourcentage de gastéropodes et de bivalves de type *Perna picta* et *Ostrea* sp. La fracturation des tests est alors liée à la consommation et à la fragilité des coquilles. Elle s'accompagne d'un grand nombre de coquilles roulées avec 377 restes sur 7883 (**Tab. 26**). Ces coquilles roulées sont principalement réparties dans les pièces, en contexte d'habitat (**Tab. 26**). Le nombre de tests perforés correspond essentiellement à des espèces utilisées pour la fabrication de perles.

	Entier	Frag.	Quasi-entier	Total
NR	676	5545	1662	7883
%	8,6	70,3	21,1	100

Tableau 25 : Répartition des restes en fonction de la fragmentation en NR représentés à HD 6.

	roulé	Perf. Ind.	Total
contexte d'habitat	302	30	332
hors habitat	75	22	97
Total	377	52	429

Tableau 26 : Répartition des restes roulés ou perforés en NR en fonction du contexte à HD 6.

10.2 Contexte d'habitat

10.2.1 Pièces IV, V, VI et VIII

Les spectres sont représentés sur la **Figure 53** en NR. La répartition de ces restes est très différente d'une pièce à l'autre, avec des taxons très variés.

10.2.1.1 Conservation

Parmi le matériel de ces pièces, de nombreux restes portent des perforations ou bien ont été roulés par la mer (**Annexe 8.1.1**). Les restes roulés sont parfois très nombreux comme pour les pièces V, VI et VIII. Il ne s'agit pas uniquement de restes roulés indéterminés mais aussi de coquilles déterminées, ramassées roulées, appartenant aux taxons *Anadara* sp., *Barbatia* sp., *Glycymeris pectunculus* ou *Oliva bulbosa*. Ces espèces sont en très petit nombre par rapport aux 240 restes de fragments de coquilles indéterminées roulées.

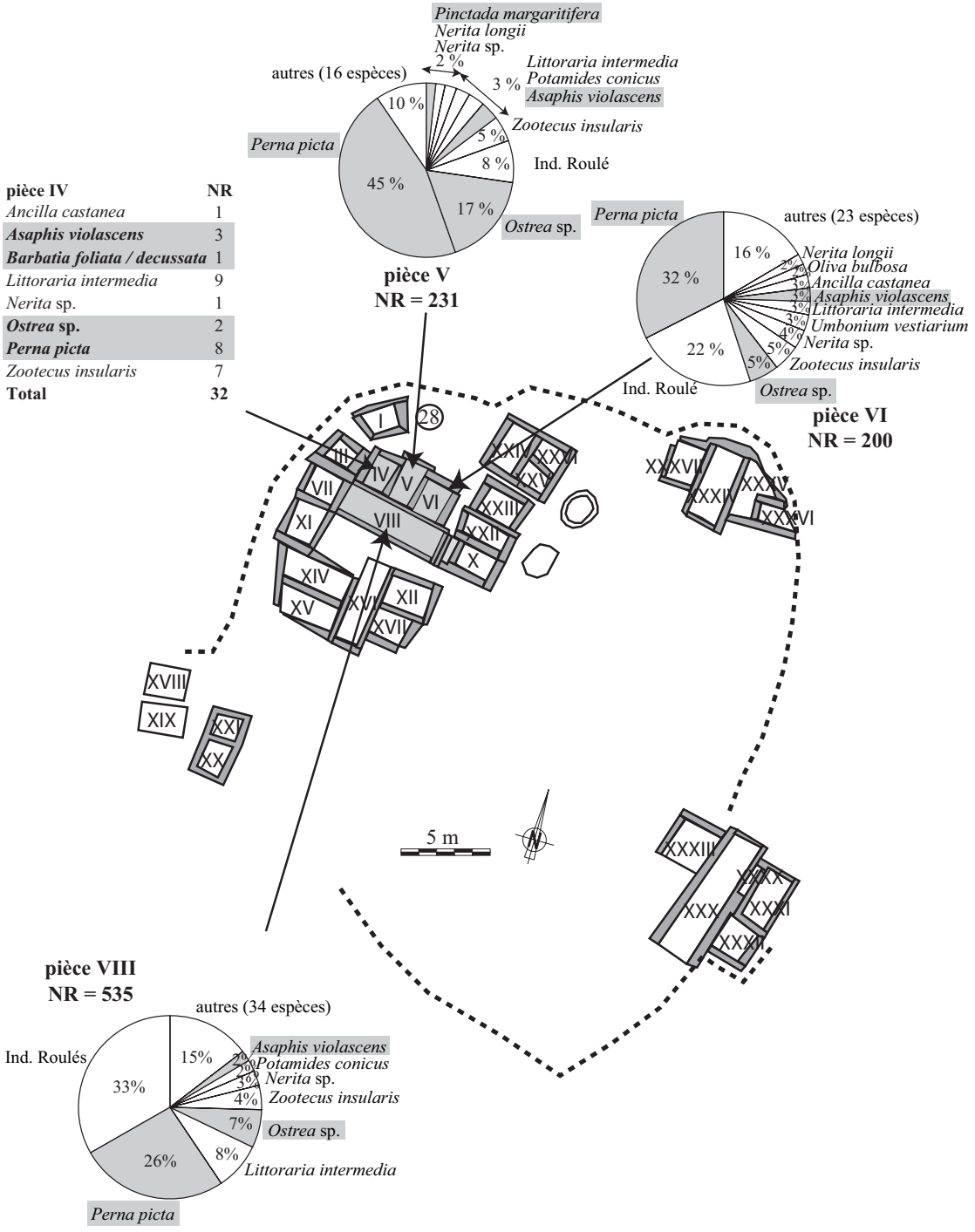


Figure 53 : Répartition taxonomique et position des restes malacologiques des pièces IV, V, VI et VIII du site de HD 6 (en gris les bivalves)

10.2.1.2 Pièce IV (NR = 32)

Les fragments de coquilles de cette pièce sont au nombre de 32 et leur faible quantité empêche toute interprétation (**Annexe 8.1.2**). Seulement 16 restes appartenant à 6 espèces (*Ancilla castanea, Asaphis violascens, Barbatia foliata*/*decussata, Nerita* sp., *Ostrea* sp. et *Perna picta*) sont susceptibles d'indiquer une consommation de mollusques dans cette pièce, les autres (*Littoraria intermedia* et *Zootecus insularis*) étant des espèces non consommables c'est-à-dire d'une taille inférieure à 1 cm.

10.2.1.3 Pièces V (NR = 231)

La pièce V comprend 231 restes de coquilles (**Annexe 8.1.2**). *Perna picta* et *Ostrea* sp. ne représentent respectivement que 46% soit 106 restes et 17% soit 40 restes de la totalité des restes. Parmi les autres espèces, on trouve *Potamides conicus* avec 3%, *Littoraria intermedia* avec 3% et *Zootecus insularis* à 5%. La présence de ces petits gastéropodes ne peut s'expliquer par la consommation. En effet, leurs tests sont beaucoup trop petits pour avoir motivé un ramassage. Ils sont accompagnés de 8% de coquilles roulées ainsi que de trois restes identifiés et roulés (2 *Anadara* sp. et 1 *Nerita* sp.). Ce type d'assemblage (19% de la totalité du matériel) comprenant *Potamides conicus*, les fragments roulés, *Zootecus insularis*[9] et *Littoraria intermedia,* pourrait correspondre à la composition de sédiments provenant de plage ou de zone semi-aride.

10.2.1.4 Pièce VI (NR = 200)

Le matériel comprend 200 restes de coquilles (**Annexe 8.1.2**) principalement des moules (*Perna picta)* avec 33% du nombre total de restes et 23% de fragments indéterminés de coquillages roulés. Parmi les 44% restant, on trouve des espèces pouvant provenir de sédiment de plage telles qu'*Umbonium vestiarium* 3%, *Littoraria intermedia* 3%, ou de zone semi-aride avec *Zootecus insularis* 5% mais aussi certaines espèces utilisées pour la confection de parure comme *Oliva bulbosa* 2%, *Ancilla castanea* 3%.

9 *Zootecus insularis* est une espèce terrestre vivant en zone semi-aride. Les données écologiques sur cette espèce sont encore très imprécises.

10.2.1.5 Pièce VIII (NR = 535)

Dans cette pièce, les fragments indéterminés roulés dominent avec 33% du NR (**Annexe 8.1.2**). L'espèce *Perna picta* représente 26% des restes. Les 14% restant pouvant venir de sédiment de plage ou de zone semi-aride avec 4% de *Zootecus insularis*, 2% de *Potamides conicus* et 8% de *Littoraria intermedia.*

Discussion :

Sur l'ensemble du matériel étudié dans ces pièces (**Tab. 27**), l'abondance des fragments de coquilles roulés déterminés ou indéterminés et des restes d'espèces non consommables suggère l'apport de sédiment provenant de plage (*Littoraria intermedia*), de zone semi-aride (*Zootecus insularis*) et/ou de lagune (*Potamides conicus*). La présence de *Zootecus insularis* est assez étonnante, la coquille de cette espèce est très fine et donc très fragile. La seule mention archéologique de cette espèce a été faite par Mienis (1979) sur un site de 7000 av. J.-C. dans le Sinaï. L'auteur suggère une présence intrusive. La présence intrusive à HD 6 est peu vraisemblable, ces niveaux n'étant pas en surface. Pour expliquer la présence de ces assemblages, plusieurs hypothèses sont envisageables :

- un aménagement des sols ou un remblai de nivellement des sols avec du sédiment comportant des coquilles. Ce sédiment aurait été prélevé sur la plage, en zone semi-aride ou dans la lagune.
- l'emploi d'un sédiment de plage, de zone sèche et de lagune pour la confection des briques crues utilisées dans la fabrication des pièces. L'effondrement d'une partie des murs pourrait expliquer la présence de ces espèces dans les assemblages.

Les individus de l'espèce *Zootecus insularis* étant entiers, il semble plus cohérent d'associer ces assemblages à un aménagement des sols. Dans le cas d'une utilisation de ce sédiment dans la fabrication de brique crue, la coquille serait vraisemblablement fragmentée.

On trouve ces petites coquilles dans la pièce VIII. La forme très allongée, la taille et la position de cette pièce, mitoyenne des autres pièces et donnant accès à une cour, suggèrent une fonction particulière et différente des autres. La consommation de coquillages semble y avoir été occasionnelle malgré les quelques fragments de *Perna picta*.

La très faible quantité de coquilles et la présence d'espèces de petite taille (espèces non consommables), indique l'absence de consommation de coquilles et de manufacture d'objets dans ce local comme on pouvait l'observer dans la pièce VIII. Les pièces V et VI indiquent aussi un aménagement des sols mais aussi la consommation de coquillages.

Pièces		Espèces consommées	Espèces non consommables	Fragments roulés	Espèces pour la parure	NR total
IV	Espèces	*Asaphis violascens* *Barbatia fol./decu.* *Nerita* sp. *Ostrea* sp. *Perna picta*	*Zootecus insularis* *Littoraria intermedia*	NON	*Ancilla castanea*	32
	NR	15	16	0	1	
V	Espèces	*Perna picta* *Ostrea* sp. *Asaphis violascens* *Nerita longii* *Nerita* sp.	*Littoraria intermedia* *Potamides conicus* *Zootecus insularis*	OUI	*Pinctada margaritifera*	231
	%	69	11	8	2	
VI	Espèces	*Perna picta* *Ostrea* sp. *Nerita longii* *Asaphis violascens* *Nerita* sp.	*Littoraria intermedia* *Umbonium vestiarium* *Zootecus insularis*	OUI	*Oliva bulbosa* *Ancilla castanea*	200
	%	46	11	22	5	
VIII	Espèces	*Asaphis violascens* *Nerita* sp. *Ostrea* sp. *Perna picta*	*Littoraria intermedia* *Zootecus insularis* *Potamides conicus*	OUI		535
	%	38	14	33	0	

Tableau 27 : Répartition des principales espèces à HD 6 en fonction des pièces (en gris les bivalves)

10.2.2 Pièces XXIV, XXV et XXVI

Ces trois pièces forment un petit bâtiment séparé des autres (**Fig. 54**). J'ai donc choisi de les regrouper pour cette étude. Le matériel ne comporte que 31 restes roulés dont 19 dans la pièce XXIV et 8 restes perforés (**Annexe 8.1.1**).

Pièce XXIV (NR = 243)

Les proportions d'espèces de la pièce XXIV sont très différentes de celles que l'on observe dans les pièces V, VI et VIII (**Annexe 8.1.2**). On trouve principalement des espèces consommées telles que *Perna picta* (30%), *Ostrea* sp. (35%), *Barbatia foliata / decussata* (5%) et *Asaphis violascens* (7%). Seulement 7% des restes sont des indéterminés roulés. Les restes de petits gastéropodes de type *Littoraria intermedia*, *Potamides conicus* et *Zootecus insularis* sont absents tandis que la présence de fragments de *Pinctada margaritifera* pourrait indiquer la manufacture d'objets en nacre.

Pièce XXV (NR = 119)

Les proportions des deux espèces dominantes sont de 34% pour *Zootecus insularis* et 32% de *Perna picta* (**Annexe 8.1.2**). On trouve, comme pour les pièces V, VI et VIII, les espèces pouvant provenir de sédiment de plages.

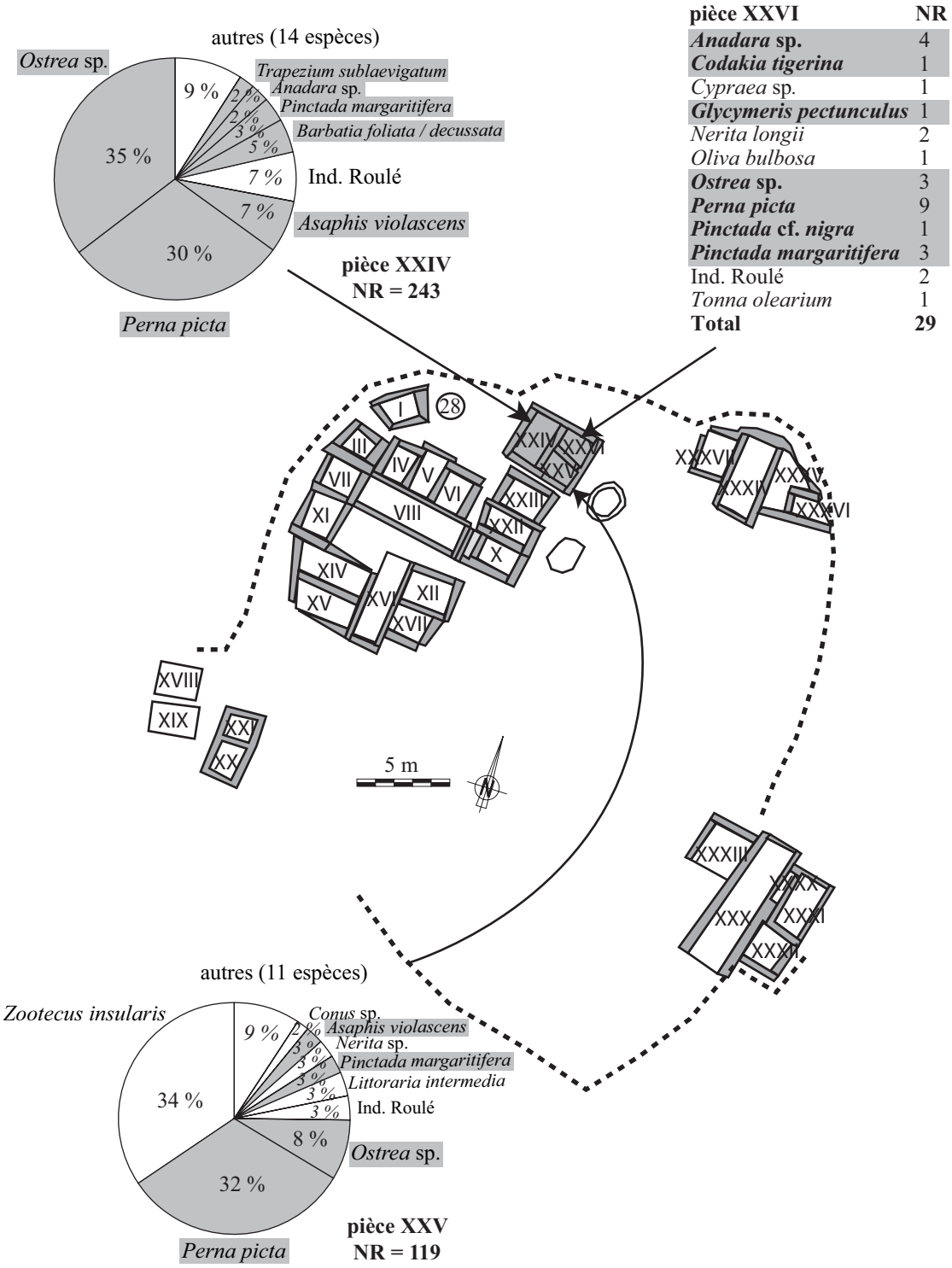


Figure 54 : Répartition taxonomique et position des restes malacologiques des pièces XXIV, XXV et XXVI du site de HD 6 (en gris les bivalves)

Pièce XXVI (NR = 29)

Cette pièce comprend 29 restes (**Fig. 54**), répartis entre des espèces collectées pour la consommation telles qu'*Anadara* sp., *Cypraea* sp., *Nerita longii*, *Ostrea* sp. et *Perna picta* et d'autres ayant pu être utilisées pour l'artisanat comme *Codakia tigerina*, *Glycymeris pectunculus*, *Oliva bulbosa*, *Pinctada* cf. *nigra*, *Pinctada margaritifera* et *Tonna olearium* (Salvatori, 1996 ; Charpentier, sous presse-b).

Fonction des pièces XXIV, XXV et XXIV

La répartition des restes coquilliers de ces 3 pièces est très différente de celle que l'on a pu observer précédemment pour les pièces VI, V, VI et VIII (**Tab. 28**). La faible proportion de restes roulés et de coquilles non consommables semble indiquer l'absence d'aménagement des sols excepté pour la pièce XXV qui comprend 37% d'espèces non consommables. La consommation de mollusques semble attestée dans les trois pièces. Notons la présence de plusieurs espèces pouvant être utilisées pour la parure. Dans les trois pièces de ce bâtiment, il semble que les coquillages soient principalement des rejets de consommation. Seule la pièce XXV a pu disposer d'un aménagement du sol.

Pièces		Espèces consommées	Espèces non consommables	Fragments roulés	Espèces pour la parure	NR total
XXIV	Espèces	*Ostrea* sp. *Perna picta* *Asaphis violascens* *Barbatia fol/decu* *Anadara* sp. *Trapezium sublaevigatum*		OUI	*Pinctada margaritifera*	243
	%	91	0	7	3	
XXV	Espèces	*Perna picta Ostrea* sp. *Asaphis violascens* *Nerita* sp.	*Zootecus insularis* *Littoraria intermedia*	OUI	*Pinctada margaritifera* *Conus* sp.	**119**
	%	46	37	3	5	
XXVI	Espèces	*Anadara* sp. *Cypraea* sp. *Nerita longii* *Ostrea* sp. *Perna picta*		OUI	*Codakia tigerina* *Glycymeris pectunculus* *Oliva bulbosa* *Pinctada* cf. *migra* *Pinctada margaritifera* *Tonna olearium*	29
	NR	19	0	2	8	

Tableau 28 : Répartition des taxons en fonction des pièces et de leurs utilisations (en gris les bivalves).

NR pièces	III	VII	XI
Balanus sp.		2	
Barbatia foliata / decussata		1	1
Cerithidea cingulata			1
Donax towsendi			1
***Isognomon* sp.**			3
Littoraria intermedia			1
Nerita sp.			5
***Ostrea* sp.**	1	2	5
Perna picta			12
Polinices cf. *aurantius*		1	
Ind. Roulé		2	2
***Spondylus* sp.**			1
Tonna lukostoma			1
Trapezium sublaevigatum			4
Umbonium vestiarium			4
Zootecus insularis			11
Total	**1**	**8**	**52**

NR pièces	XXII	XXIII
***Anadara* sp.**	1	
***Ostrea* sp.**		3
Perna picta		3
Total	**1**	**6**

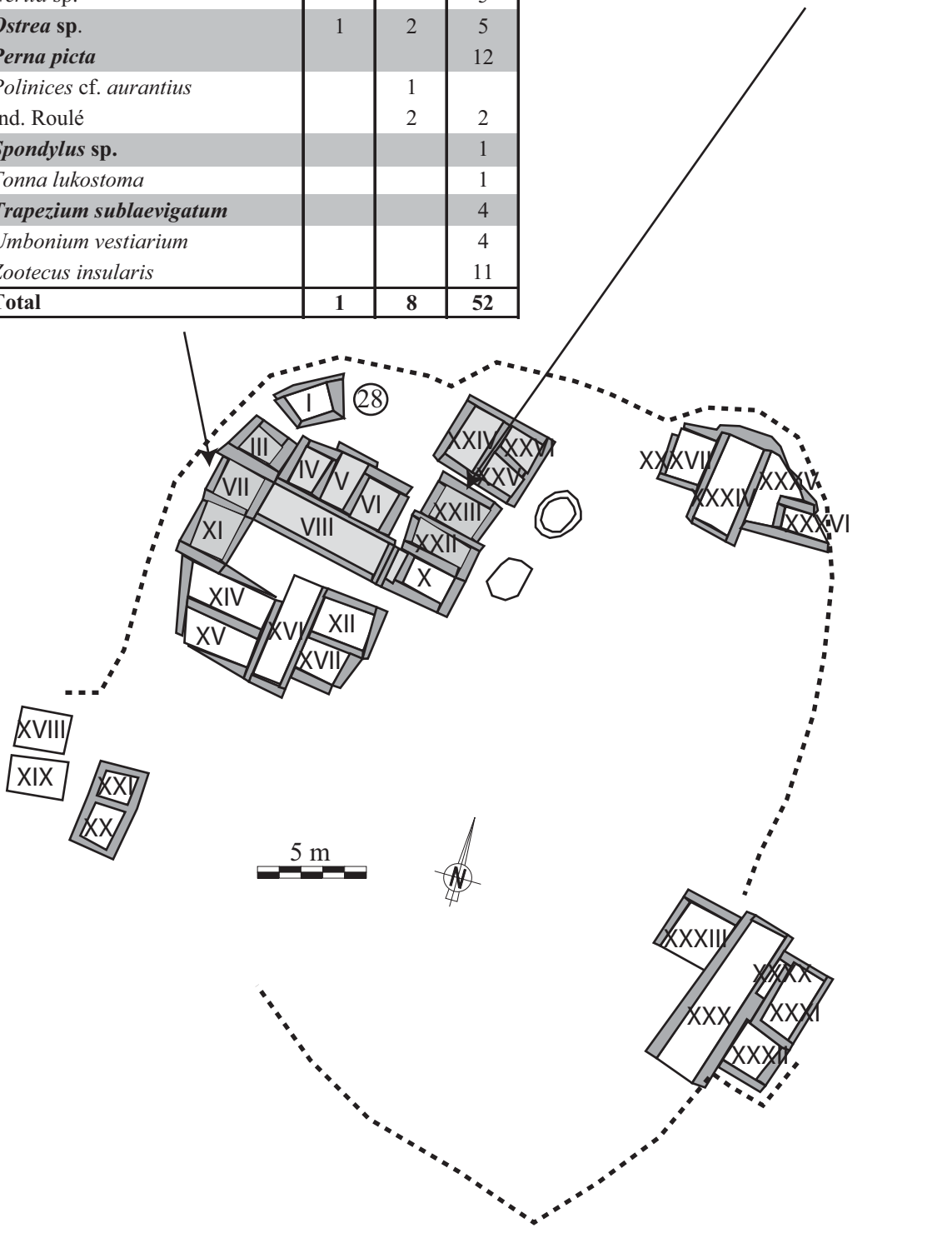


Figure 55 : Répartition taxonomique et position des restes malacologiques des pièces III, VII, XI, XXII et XXIII sur le site de HD 6 (en gris les bivalves)

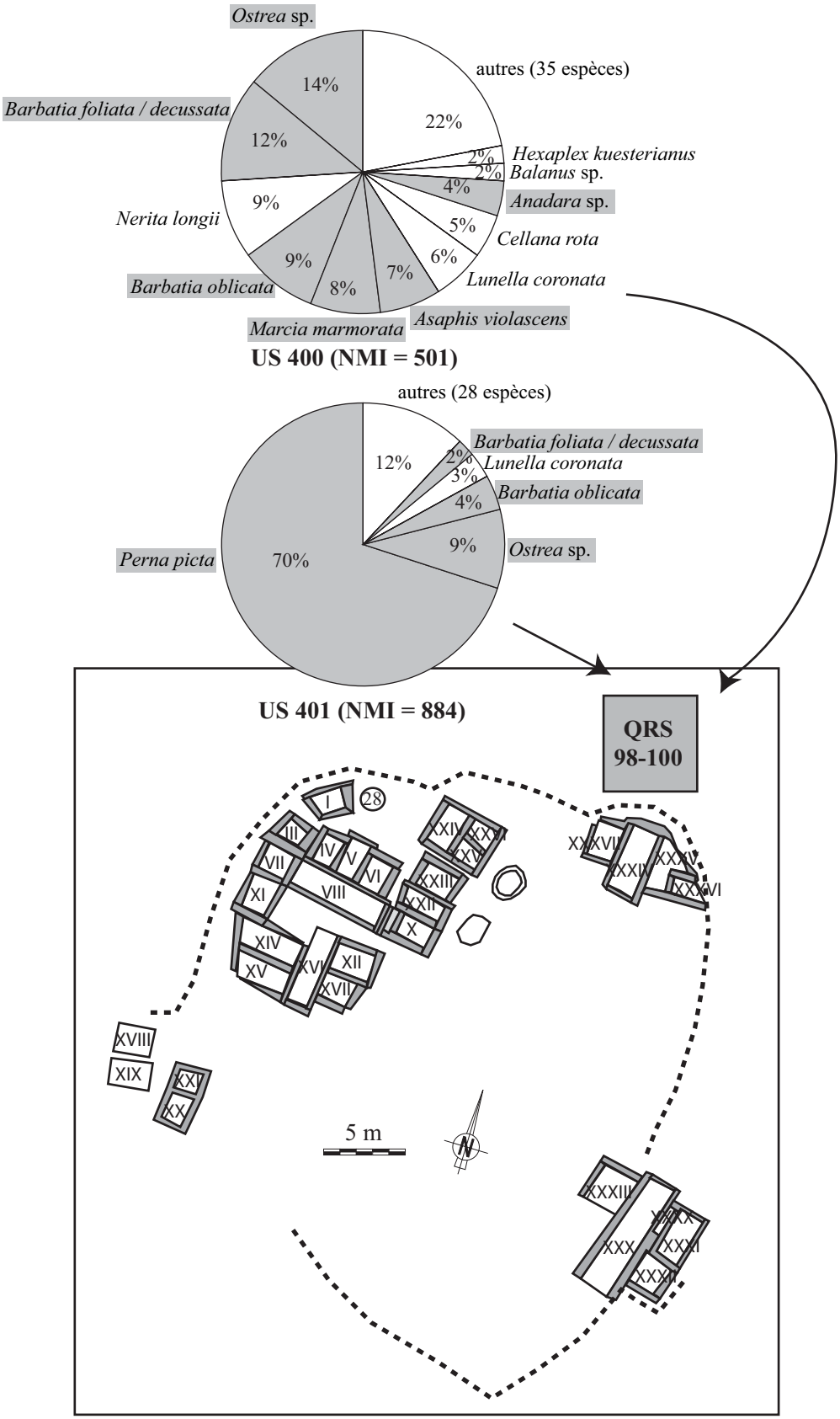


Figure 56 : Répartition taxonomique et position des restes malacologiques du sondage QRS 98-100 du site de HD 6 (en gris les bivalves)

10.2.3 Les pièces III, VII, XI, XXII et XXIII

Ces pièces (**Fig. 55**) comportent un très faible nombre de restes coquilliers (**Annexe 8.1.2**). On trouve les taxons correspondant à des rejets alimentaires comme *Anadara* sp., *Ostrea* sp., *Perna picta*, *Barbatia foliata/decussata*, *Donax towsendi*, *Nerita* sp. et *Trapezium sublaevigatum*, à la manufacture d'objets telles qu'*Isognomon* sp., *Polinices* cf. *aurantius*, *Tonna lukostoma* et enfin des coquillages non consommables comme *Cerithidea cingulata*, *Littoraria intermedia*, les fragments roulés, *Umbonium vestiarium* et *Zootecus insularis*. Un seul reste de coquille est perforé et six sont roulés (**Annexe 8.1.1**).

10.3 Sondage QRS 98-100

Ce sondage, effectué à l'extérieur de l'enceinte, comporte 5547 restes répartis sur deux unités stratigraphiques, US 400 (niveau supérieur) et 401 (niveau inférieur ; **Fig. 56**). Ces US ont livré des assemblages taxinomiques très différents de ceux que l'on peut observer dans les constructions. Le nombre de coquilles roulées et perforées est très faible pour les deux unités stratigraphiques (**Annexe 8.2.1**).

10.3.1 US 400

Cette unité stratigraphique comprend 3852 restes correspondant à 501 individus répartis en 46 taxons (**Annexes 8.2.2 et 8.2.3**). Il s'agit uniquement d'espèces collectées pour la consommation.

La collecte est très diversifiée, les espèces sont quasiment toutes issues du milieu rocheux excepté *Marcia marmorata* appartenant au milieu lagunaire. Le principal taxon est le genre *Ostrea* sp. avec 14% mais on trouve aussi dans des quantités similaires *Barbatia foliata / decussata* à 12%, *Nerita longii* à 9%, *Barbatia oblicata* à 9%, *Marcia marmorata* à 8% et *Asaphis violascens* à 7%. Ces espèces, excepté *Marcia marmorata,* vivent toutes dans la zone intertidale et indiquent une collecte peu spécialisée effectuée principalement en milieu rocheux et au sein de l'étage intertidal.

10.3.2 US 401

Cette unité est composée de 1695 restes correspondant à 884 individus, répartis en 28 taxons (**Annexe 8.2.3**). Les espèces sont très différentes de celles qui ont été présentées par l'unité 400. Le taxon principal est *Perna picta* avec 70% du NMI suivie de 9% d'*Ostrea* sp. Toutes les espèces ont été consommées et proviennent du milieu rocheux et de la zone intertidale. Cette collecte était donc très différente de celle qui est visible dans l'US 400.

Ces deux types de collecte pour l'US 400 et 401 correspondent à des périodes d'occupation différentes. Les indices de richesse et de diversité sont très différents entre l'US 400 et 401. L'US 400 possède des indices de richesse et de diversité très élevés avec respectivement 17 et 0,9, contrairement à l'US 401 pour laquelle les indices sont très faibles avec 11,2 pour l'indice de richesse et 0,5 pour l'indice de diversité. Dans l'attente de datations, il est difficile de savoir s'il s'agit réellement d'occupations très éloignées dans le temps. Néanmoins, les premières observations effectuées sur les autres sites semblent indiquer une collecte peu spécialisée, effectuée sur un large spectre pendant le 5^{e} et le 4^{e} millénaire av. J.-C., et une collecte beaucoup plus spécialisée pour les périodes suivantes. Sans établir avec certitude une chronologie, on peut supposer que la répartition des espèces de l'unité 400 est une occupation ancienne non contemporaine de celle de l'habitat.

10.4 Conclusion

La présence de coquillages sur le site de HD 6 semble être liée à différentes utilisations de la coquille. La consommation de coquillages est faible et les rejets ont été accumulés à l'extérieur, hors contexte d'habitat. L'utilisation de sable pour aménager les sols est attestée par la présence de certaines espèces de mollusques de très petite taille comme *Zootecus insularis, Littoraria intermedia, Potamides conicus* et de coquillages roulés. Enfin certaines espèces comme *Pinctada margaritifera*, *Conus* sp., *Glycymeris pectunculus*, *Oliva bulbosa*, *Ancilla castanea,* directement liées à la fabrication d'objets de parures et à la manufacture d'objets sont présentes dans certaines pièces. Le sondage QRS 98-100 est composé de deux spectres de faune très différents. Ces variations pourraient peut-être indiquer deux périodes d'occupation aux techniques de collecte bien distinctes.

PARTIE F : MÉTHODES MÉTRIQUE ET SCLÉROCHRONOLOGIQUE APPLIQUÉES A SWY 1

La biométrie et la sclérochronologie sont des méthodes récentes, de plus en plus employées en archéozoologie. La biométrie est généralement utilisée en malacologie afin de déterminer les variations de taille de mollusques, susceptibles d'indiquer des pressions de collecte humaine au sein d'une population (Dupont et Gruet, 2000). La sclérochronologie est l'étude des stries de croissance des organismes composés de tissus durs et observables à partir de lames minces. Cette technique permet dans certains cas de déterminer l'âge du mollusque et parfois de déterminer sa période de collecte. La sclérochronologie est souvent utilisée sur les bivalves dont les stries de croissance sont aisées à observer et très régulières. Néanmoins des études récentes ont permis de mettre en évidence des stries sur la columelle de certains gastéropodes (Tojo et Ohno, 1999).

Comme nous l'avons vu précédemment, le climat de l'Oman pendant l'optimum holocène était différent de l'actuel (**cf. 2.1**). Ces variations ont affecté les zones côtières et plus particulièrement les populations de mollusques marins. Les données paléoenvironnementales, obtenues à partir des sondages dans la sebkha de Suwayh, confirment la présence d'une lagune dans des zones actuellement désertiques, entre 4337-3917 BC cal. et 3340-2739 BC cal. Afin de compléter les informations sur l'environnement, recueillies à partir des spectres malacologiques, j'ai engagé une étude métrique et sclérochronologique sur la série la plus importante et la mieux documentée de notre corpus, celle du site de SWY 1. Elle se prête d'autant mieux à cette démarche qu'elle semble témoigner d'une collecte opportuniste et donc d'une collecte en masse sans réel choix anthropique excepté celui de ramasser les espèces consommables ; elle reflète donc l'environnement à proximité de Suwayh. Les données métriques et sclérochronologique serviront aussi à déterminer les stratégies de collectes humaines (saison de collecte) et leurs impacts sur l'environnement côtier et plus particulièrement sur les espèces collectées.

De façon plus précise, ce chapitre répond à deux questions :

- Quelles sont les causes des variations d'espèces observées dans les spectres malacologiques ?
- Quelle est la période de collecte de l'espèce *Lunella coronata* ?

Déterminer les causes des variations d'espèces observées dans les spectres malacologiques

Comme nous avons pu l'observer à partir du diagramme malacologique de SWY 1, de nombreux changements se manifestent entre les phases 4 et 5 avec une modification profonde des milieux sablo-vaseux lagunaires et la disparition de l'espèce *Marcia marmorata* accompagnée de modifications du spectre malacologique de la lagune. Les causes expliquant ces modifications peuvent être de deux ordres, soit naturelles comme des modifications climatiques, soit anthropiques comme une surexploitation ou une modification des stratégies de collecte.

Pour répondre à ces questions, j'ai décidé d'étudier plus précisément deux espèces, *Marcia marmorata* par la mesure des valves gauches et *Lunella coronata* par la mesure des opercules. Ces deux espèces ont été choisies car elles sont abondantes tout au long de la séquence. Les coquilles de *Marcia marmorata* et les opercules de *Lunella coronata* présentent aussi l'avantage d'être très robustes et donc peu sujets à la fragmentation.

Déterminer la saison de collecte

La question de la saisonnalité est importante pour les sites côtiers néolithiques. Quelle est la place de l'exploitation des coquillages dans l'activité saisonnière du site ? Pour répondre à cette question, j'ai choisi d'effectuer une étude sclérochronologique des opercules de *Lunella coronata* provenant du site de SWY 1. Les opercules ont en effet la particularité de présenter des lignes de croissance rythmiques journalières clairement visibles. Cette étude permettra d'obtenir des informations sur la saison de collecte de ce coquillage. Ce travail est ciblé uniquement sur l'US 12 qui dispose d'un très grand nombre d'opercules.

Compte tenu des différences de valences écologiques de ces deux espèces, j'ai choisi de les présenter séparément. Dans un premier temps, je ferai état des résultats obtenus à partir des mesures effectuées sur l'espèce *Marcia marmorata*. Puis je présenterai les résultats pour les mesures et l'étude sclérochronologique des opercules de *Lunella coronata*. À partir des mesures, je chercherai à déterminer les causes possibles des variations des effectifs des espèces tout au long de la séquence et plus particulièrement pour les phases 4 et 5.

11 Variations de taille des valves de l'espèce *Marcia marmorata*

L'espèce *Marcia marmorata* est présente sur la quasi-totalité du diagramme malacologique et disparaît progressivement à la fin de la phase 4. Sa disparition marque la rupture entre les phases 4 et 5. C'est pour cette raison que j'ai choisi d'utiliser cette espèce pour déterminer les causes de sa disparition, à partir de la mesure de la valve gauche. Cette étude nécessite, au préalable, de préciser l'écologie de cette espèce.

11.1 Données écologiques

Il n'existe actuellement aucune information sur l'écologie de l'espèce *Marcia marmorata*. Je dispose néanmoins de quelques données à partir des observations de terrain, réalisées dans le cadre des diverses missions archéologiques en Oman.

Marcia marmorata est une espèce vivant en contexte lagunaire, ouvert sur la mer, enfouie dans un sédiment vaseux, en zone intertidale, à la limite supérieure de la zone de battement des marées. Les individus sont généralement enfouis à une dizaine de centimètres de la surface. Sa collecte nécessite donc de creuser dans la vase (**voir 5.3**). Actuellement, parmi les trois lagunes visitées, c'est-à-dire la mangrove de Qurm (Mascate), la lagune de Sur et de Khor al-Jaramah, seule la lagune de Khor al-Jaramah disposait d'un grand nombre de *Marcia marmorata* associé à l'espèce *Marcia opima*.

11.2 Mesures des valves

Les mesures ont été effectuées sur 805 valves gauches, dans le sens de la longueur et de la largeur, soit un total de 1610 mesures (**Annexe 4.8.1**). L'erreur standard a été déterminée en mesurant trente fois, en trois sessions de 10 mesures éloignées à quelques jours d'intervalle, dix valves gauches choisies au hasard et numérotées de 1 à 10. Puis la moyenne, l'écart type et la déviation standard ont été calculés pour chaque pièce. L'erreur relative moyenne de ± 0,02 a été obtenue par la moyenne des déviations standard (min. 0,01 ; max. 0,03).

La forte corrélation ($r = 0,87$ pour un ddl = 803 soit $p<0,001$) entre la longueur et la largeur de la coquille permet de mettre en évidence l'absence d'allométrie[10] entre ces deux mesures (**Fig. 57**). Les quelques mesures éloignées de l'axe du nuage de point s'expliquent probablement par une légère abrasion des bords des valves liée à l'enfouissement.

[10] Mode de croissance selon lequel diverses parties d'un individu se développent à des vitesses différentes.

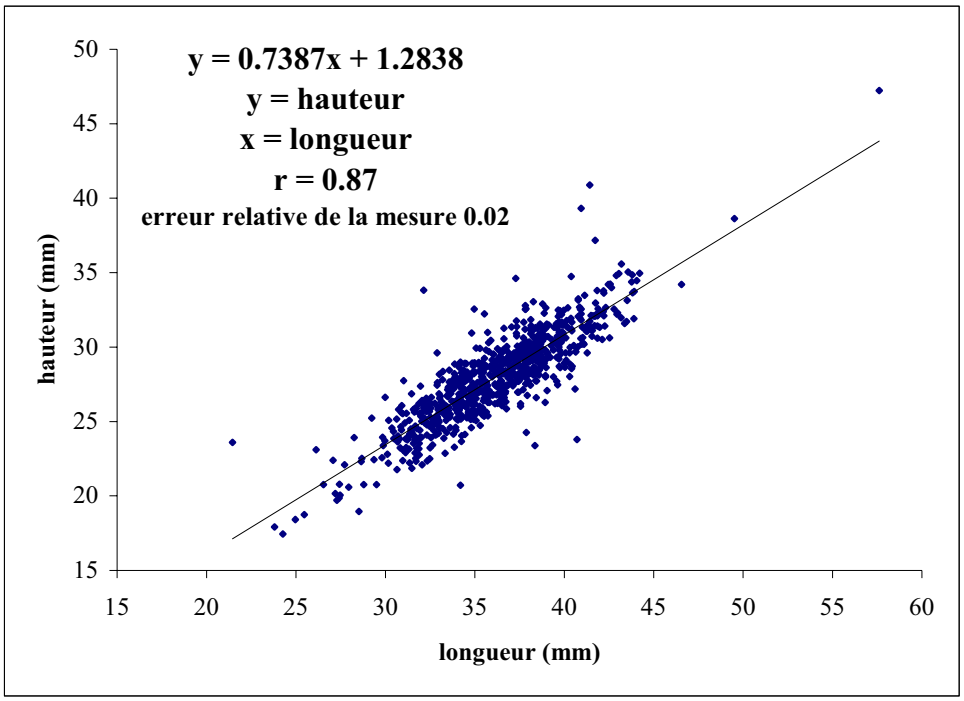


Figure 57 : Mesures effectuées sur les valves gauche de *Marcia marmorata* des phases 1 à 5 de Suwayh 1 (805 valves mesurées).

J'ai cherché à étudier la variation de cette taille au fil du temps, en comparant les répartitions de fréquences des différentes US. Les deux variables métriques étant corrélées, j'ai limité l'analyse à la longueur. Des histogrammes ont été tracés avec la méthode de Kernel (**Annexe 4.8.4**). Ils suggèrent une diminution de la taille entre les US 19 et 18, puis une augmentation entre les US 18 et 16, la taille des coquilles restant constante après l'US 16 (**Fig. 58**).

Afin de déterminer la nature du test à employer (paramétrique ou non) pour vérifier la validité statistique de cette différence, j'ai testé la normalité des distributions en effectuant un test d'Agostino sur les effectifs supérieurs ou égaux à 50 (**Annexe 4.8.3**). Il montre que la plupart de ces distributions répondent à une loi normale **(Fig. 58)**.

Seule l'US 13 s'est révélée négative au test de normalité. Les différences entre les autres US ont donc pu être testées par des tests paramétriques de comparaison de variance (test F de Fisher) et de moyenne (test T de Student ou test de Cochran).

Les variations observées à partir des histogrammes se confirment et se précisent lorsque l'on observe les moyennes des mesures de longueur (**Fig. 59** et **annexes 4.8.2 et 4.8.5**) :

- phase 3 : Les moyennes testées pour les US 22, 19 et 18 indiquent des différences significatives entre ces trois US.
- phase 4 : L'US 16 ne diffère pas significativement de l'US 22 mais les coquilles y sont significativement plus grandes que dans l'US 18 et significativement plus petites que dans l'US 12.

On observe donc à partir des moyennes testées, une légère augmentation de taille entre les US 22 et 19, suivie d'une forte diminution entre les US 19 et 18 puis d'une nouvelle augmentation pour l'US 16 (moyenne similaire à l'US 19) et de nouveau une forte augmentation pour l'US 12.

Les observations dans les variations des moyennes de tailles que nous pouvons observer à partir de la **Fig. 59**, sont donc confirmées par les différents tests statistiques effectués précédemment.

11.3 Interprétation des variations de taille

Marcia marmorata est une espèce facile à collecter, les juvéniles et les adultes vivent dans les mêmes zones, la différence réside dans la profondeur d'enfouissement, les adultes étant enfouis plus profondément. Pour expliquer ces variations, il est nécessaire de répondre à deux questions :

- *Quels sont les mécanismes pouvant engendrer une diminution ou une augmentation de la taille ?*

Une baisse de la densité des individus d'une population de coquillage peut entraîner une augmentation de leur taille en raison d'une baisse de la compétition interspécifique (Dajoz, 2000 page 294). À l'inverse, une augmentation de la densité de la population aura pour conséquence une diminution de la taille moyenne des tailles des individus.

- *Quelles peuvent être les causes de ces variations de densité de population ?*

Elles peuvent être de plusieurs ordres.

- Dans le cas d'une pression de collecte humaine, les individus de grande taille sont généralement privilégiés lors du ramassage, en particulier lorsque cette espèce est facile à collecter (**cf. 4.4**). Un ramassage important aurait pour conséquence la diminution de la densité de population et en premier lieu, la disparition des individus de grande taille.

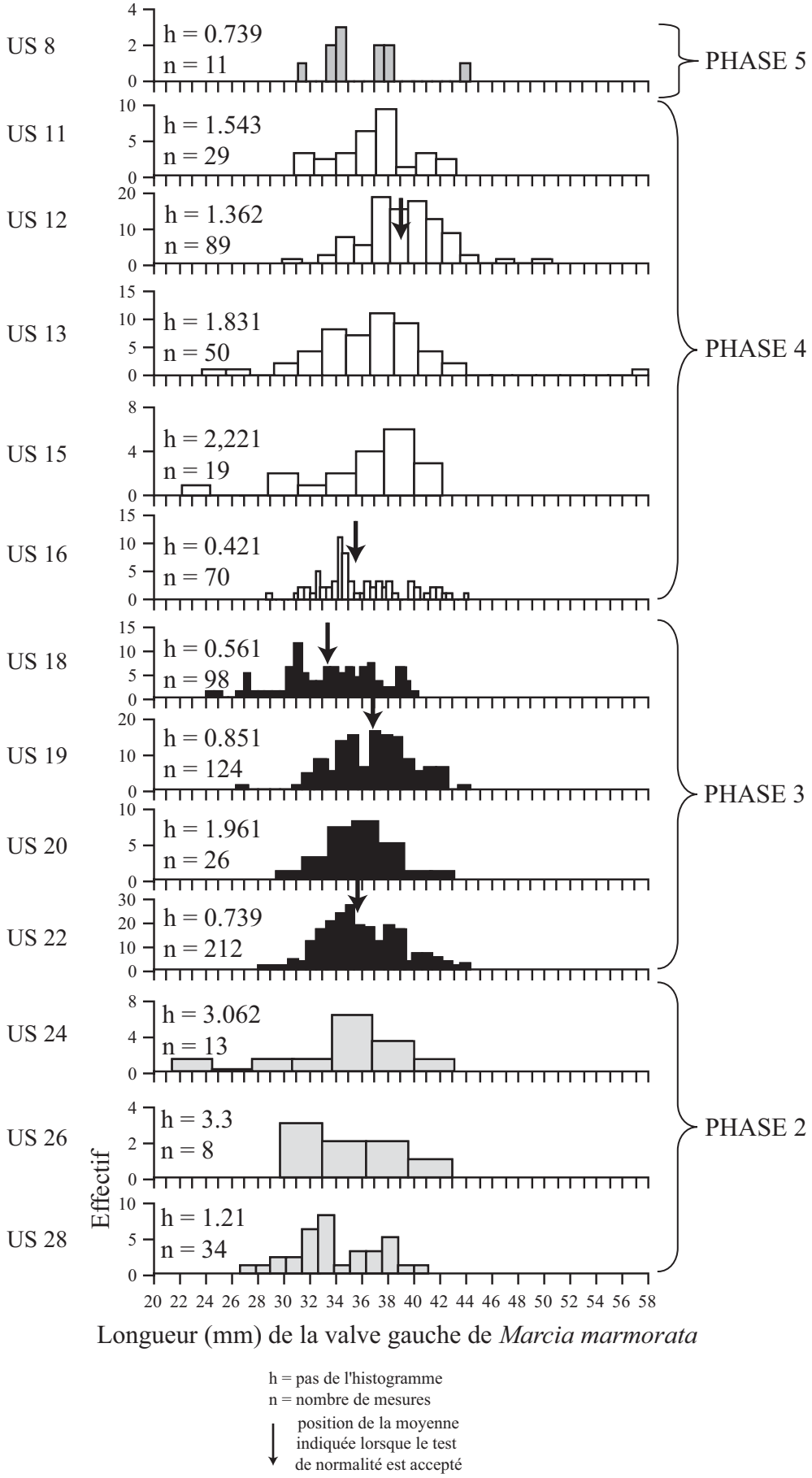


Figure 58 : Histogramme de taille des valves gauches des *Marcia marmorata* par US. Le pas des histogrammes a été définis à partir d'un lissage de Kernel.

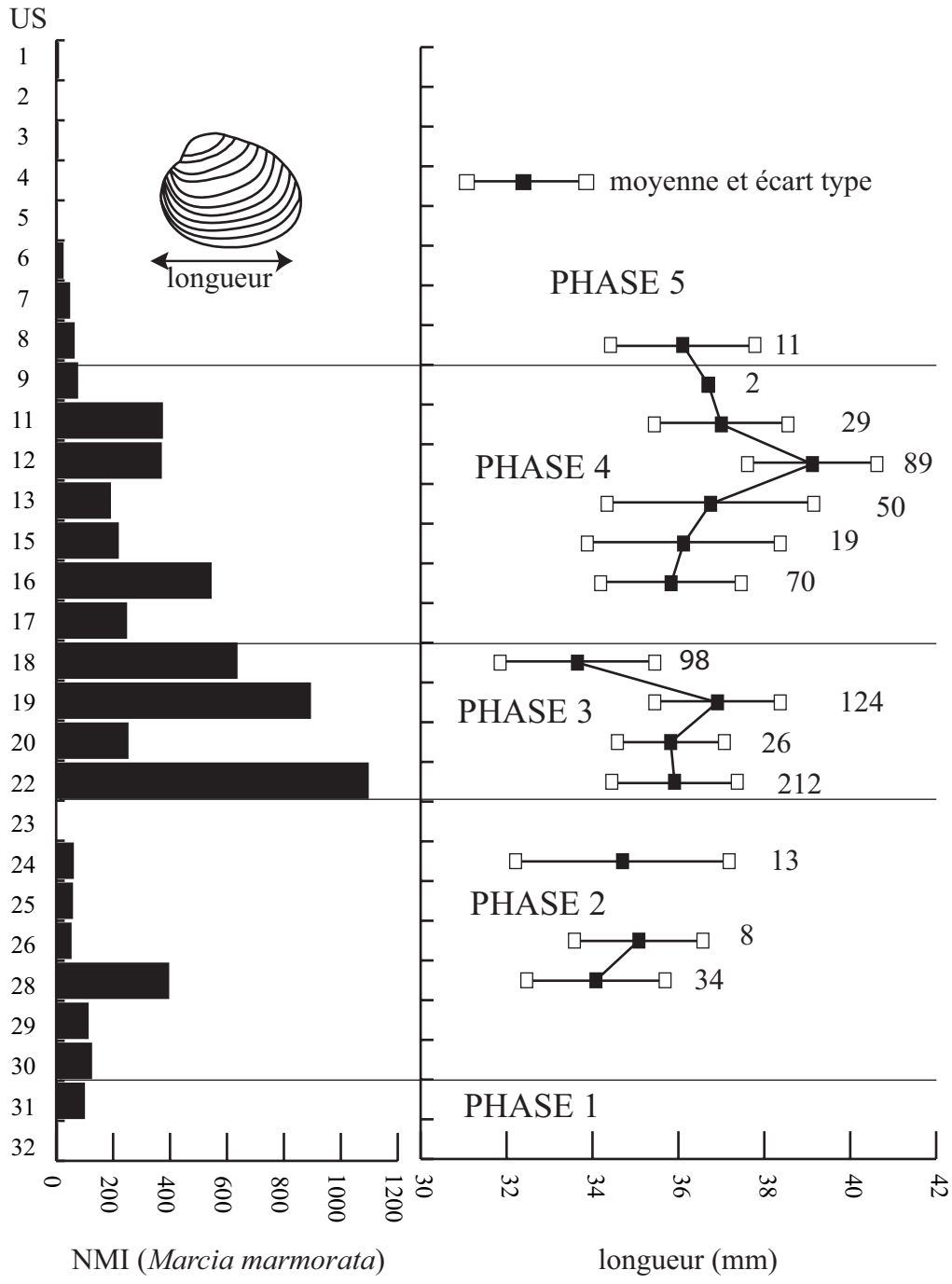


Figure 59 : Moyenne des mesures effectuées sur la valve gauche de *Marcia marmorata.* La phase 4 est marquée par une augmentation de la longueur des valves suivie d'une diminution.
pas de mesures pour P33

- Dans le cas de variations environnementales, des conditions écologiques défavorables telles que des variations de salinité ou de température de l'eau, peuvent entraîner une baisse de la densité de la population avec pour conséquence un faible nombre de jeunes individus et donc de coquilles de petite taille.

Les causes permettant d'expliquer des variations de densité peuvent donc être liées à la surexploitation humaine et/ou à des variations environnementales, les deux facteurs pouvant intervenir de manière concomitante. Une forte collecte humaine pendant les phases 3 et 4, associée aux prémices des variations du milieu lagunaire observées à partir du diagramme malacologique, a probablement eu pour conséquence la diminution du nombre d'individus et la raréfaction de cette espèce au sein de ce milieu. Le fait que la taille des individus collectés augmente en même temps que la diminution du nombre d'individus (NMI) pourrait néanmoins favoriser l'hypothèse d'une surexploitation par l'homme de cette espèce.

12 Étude des opercules de l'espèce *Lunella coronata*

L'espèce *Lunella coronata* est présente quasiment tout au long de la séquence de SWY 1 (excepté pendant la phase 3). Sa coquille est très fragmentée. À l'inverse, son opercule se conserve très bien. C'est donc à partir des opercules calcifiés que j'ai tenté d'obtenir des informations tant par des données métriques que par la sclérochronologie. Nous aborderons tout ce qui concerne la formation et le rôle de l'opercule, puis l'aspect métrique de ce travail, et enfin l'étude sclérochronologique.

12.1 Rôle et formation de l'opercule

Les opercules calcaires des Turbinidae sont de forme semi-circulaire (**Fig. 60**), avec une face bombée et une face plane. On observe sur la face plane le dessin d'une spirale.

Face plane Face bombée

Figure 60 : Forme de l'opercule de *Lunella coronata* (8,5 mm de diamètre max.)

Position et rôle :

L'opercule se situe sur la partie postérieure du pied des gastéropodes, il se fixe sur ce dernier par sa face plane. Sa face bombée, qui n'est pas directement fixée sur le pied, est recouverte la majeure partie du temps par le repli operculaire du pied (**Fig. 61**), excepté lors de situations de stress comme l'émersion accidentelle, la collecte humaine, la turbidité, les attaques de prédateurs. Lorsque le mollusque se rétracte à l'intérieur de sa coquille (**Fig. 62**), l'opercule sert alors à refermer hermétiquement la coquille, sa face bombée vers l'extérieur.

Formation :

L'opercule apparaît très tôt dans le développement larvaire : il est déjà visible à partir de 23 à 26 h (Bell, 1992). Il se forme par adjonction de couches de carbonate de calcium secrétées par

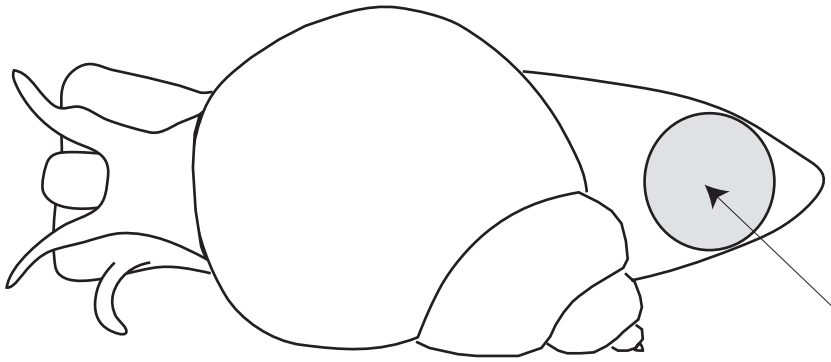


Figure 61 : Position de l'opercule sur un gastéropode en position active. Une partie du manteau recouvre l'opercule.

Figure 62 : Position de l'opercule sur l'espèce *Lunella coronata* (22 mm de hauteur) en position de stress, c'est à dire replié dans sa coquille.
(photo : http://www.femorale.com)

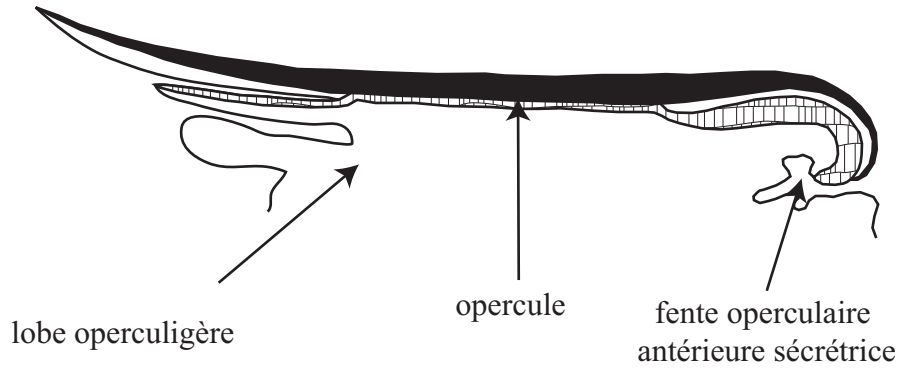


Figure 63 : Schéma explicatif de la formation de l'opercule, sécrété à partir de la fente operculaire (d'après Grassé, 1968 modifié). Le schéma concerne un opercule calcifié, malheureusement, il n'a pas été possible de trouver de schéma explicatif pour les opercules calcifiés semi-circulaires.

le manteau selon un enroulement spiralé[11] (Houssay, 1884) à partir d'une zone particulière du pied (**Fig. 63**):

« Le bord antérieur de la fente operculaire, opposé à la paroi où s'élabore la couche principale de conchyoline, se relève en un bourrelet qui s'applique, par pression du sang, assez largement sur l'opercule, par-dessus la fente operculaire, et ce sont les cellules de ce bourrelet qui sécrètent le calcaire. » (Grassé, 1968).

Une grand majorité des opercules sont composés de chitine, ils ne se conservent donc pas en contexte archéologique. Toutefois ceux qui sont composés de carbonate de calcium se retrouve sur les sites anciens. L'adjonction des couches qui compose l'opercule, s'effectue à partir du carbone inorganique dissout (CID) dans l'eau de mer. Ce carbone inorganique sert à la fabrication du carbonate de calcium sous la forme d'aragonite (Poulicek, 1983).

Croissance de l'opercule

La croissance de l'opercule est étroitement liée à celle de la coquille. Elle se manifeste par une augmentation de son diamètre, plus particulièrement par l'adjonction de couches successives sur le pourtour de l'opercule (**Fig. 64**). Ces couches se déposent sur la face externe en un liseré légèrement enroulé qui forme progressivement le dessin d'une spirale. C'est ce qu'on appelle une **croissance spiralée**.

Corrélation coquille/opercule

Les travaux effectués par J.-Y. Sire (1984 ; Sire et Bonnet, 1984) sur l'espèce *Turbo setosus* ont mis en évidence une forte corrélation (r=0,99 pour ddl=317) entre la hauteur de la coquille de ce gastéropode et le diamètre de son opercule (**Fig. 65**). Ces données ont été obtenues à partir de mesures effectuées sur 319 « couples » opercule/coquille. Malgré les fortes différences de taille entre *Turbo setosus* et *Lunella coronata*, ces deux espèces présentent de fortes similarités dans leur écologie. Nous pouvons donc considérer que cette forte corrélation coquille/opercule existe pour *Lunella coronata*.

L'étude effectuée par J.-Y. Sire (1984) sur l'opercule de *Turbo setosus* au moyen de la technique du marquage vital a permis de mettre en évidence la présence de stries de croissance visibles sur la coupe longitudinale à la face d'insertion du pied. Ces stries montrent

[11] À notre connaissance aucune étude n'a été effectuée sur la formation d'opercules calcifiés de Turbinidae à croissance spiralée.

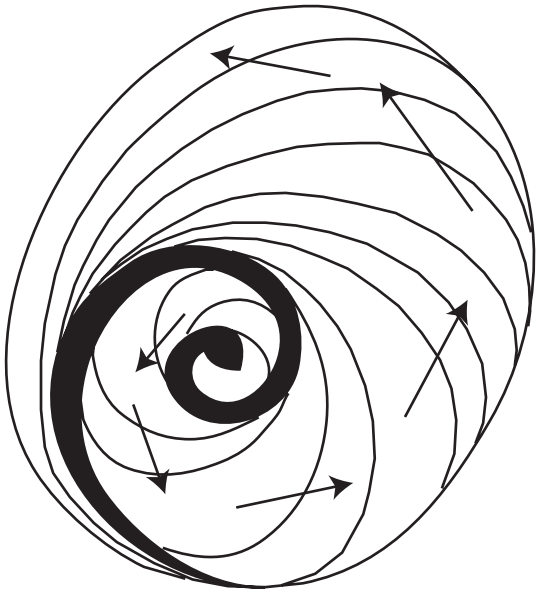


Figure 64 : Schéma explicatif de la croissance spiralée d'un opercule avec la formation progressive d'une spirale principale.

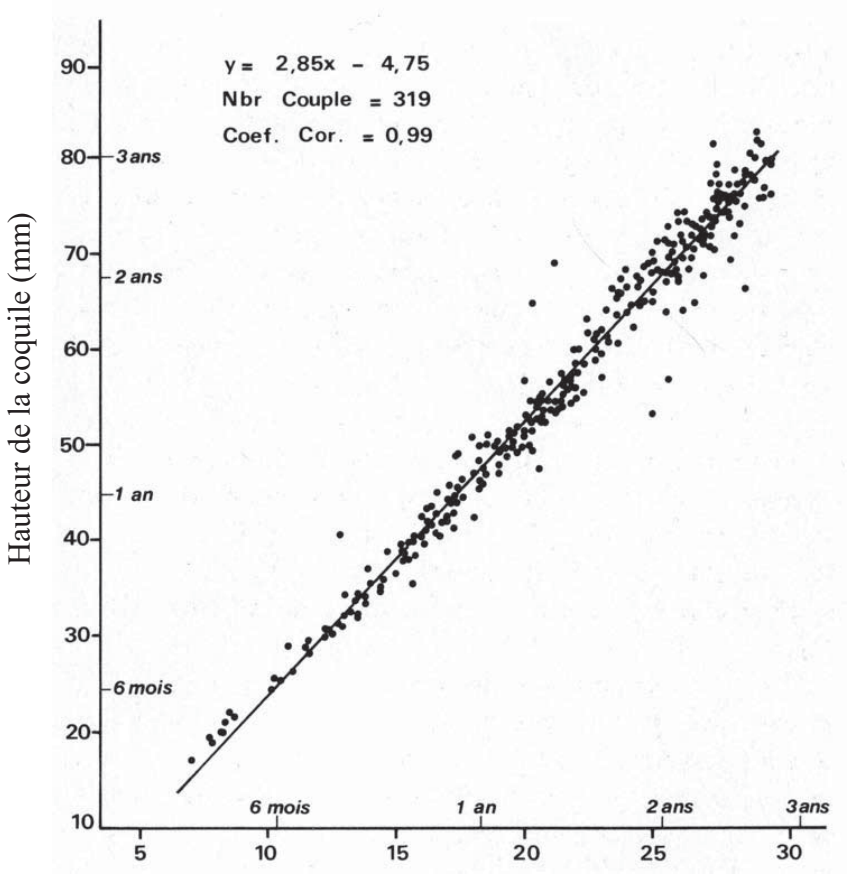


Figure 65 : Relation entre la hauteur de la coquille et le diamètre de l'opercule sur un échantillon de 319 individus
Les indications d'âges sont des valeurs théoriques calculées par Villiers (1981)
(d'après Sire et Bonnet, 1984)

une croissance rythmée par des lignes de ralentissement de la croissance du mollusque visibles à l'échelle microscopique.

12.2 Ecologie des Turbinidés

Il n'existe actuellement que très peu de recherches sur l'écologie de l'espèce *Lunella coronata*. Nous disposons néanmoins de plusieurs études effectuées sur les espèces *Turbo setosus* (Villiers, 1981), *Lunella granulata* (Fuse, 1993) et *Lunella coronata coreensis* (Lee, 2000 ; Yukihira, 1995a, b, c). Ces taxons sont suffisamment proches d'un point de vue taxonomique pour nous permettre d'appliquer les résultats de ces études à *Lunella coronata.*

À partir de ces données, je tenterai de déterminer la physiologie de la croissance mais aussi de la reproduction de ces taxons, ces deux facteurs étant déterminants pour la compréhension des fluctuations de populations et de taille des mollusques. Une meilleure connaissance des conditions de reproduction de l'espèce, permettra de positionner le début de la croissance du mollusque et donc son âge au moment de la collecte humaine.

Je tenterai donc dans un premier temps de déterminer la dynamique de croissance de l'espèce *Turbo setosus* à partir des travaux de Villiers (1981) puis je présenterai différentes études concernant la physiologie de la reproduction de la famille des turbinidés.

12.2.1 Physiologie de la croissance : l'exemple de *Turbo setosus*

Il est difficile de modéliser la croissance type d'un opercule car les études à ce sujet sont très rares et traitent uniquement de la rythmicité de dépôt des stries de croissance (Sire et Bonnet, 1984 ; Yukihira *et al.*, 1995a). Il est cependant possible d'envisager un modèle de croissance à partir des informations disponibles sur la coquille. Pour cela, l'étude de Villiers (1981) sur *Turbo setosus* met en évidence une croissance de type logarithmique. Les individus jeunes ont une croissance rapide puis progressivement, elle se ralentit chez les individus adultes pour atteindre finalement une croissance très lente (**Fig. 66**). Pour une population naturelle équilibrée, cette situation amènerait à une courbe de répartition de taille très riche en grands individus avec plus ou moins d'individus de petite taille en fonction des périodes de l'année. On obtient donc des courbes de type polymodales (plusieurs sous populations ou cohortes) ou de type Poisson inversé.

Les distributions des tailles, obtenues après échantillonnages réguliers, sur environ un an, font apparaître plusieurs cohortes qui correspondent à plusieurs périodes de reproduction, celles-ci étant déclenchées par une élévation rapide des températures. Ces cohortes disparaissent lorsque les individus atteignent la taille maximale avec un ralentissement de la

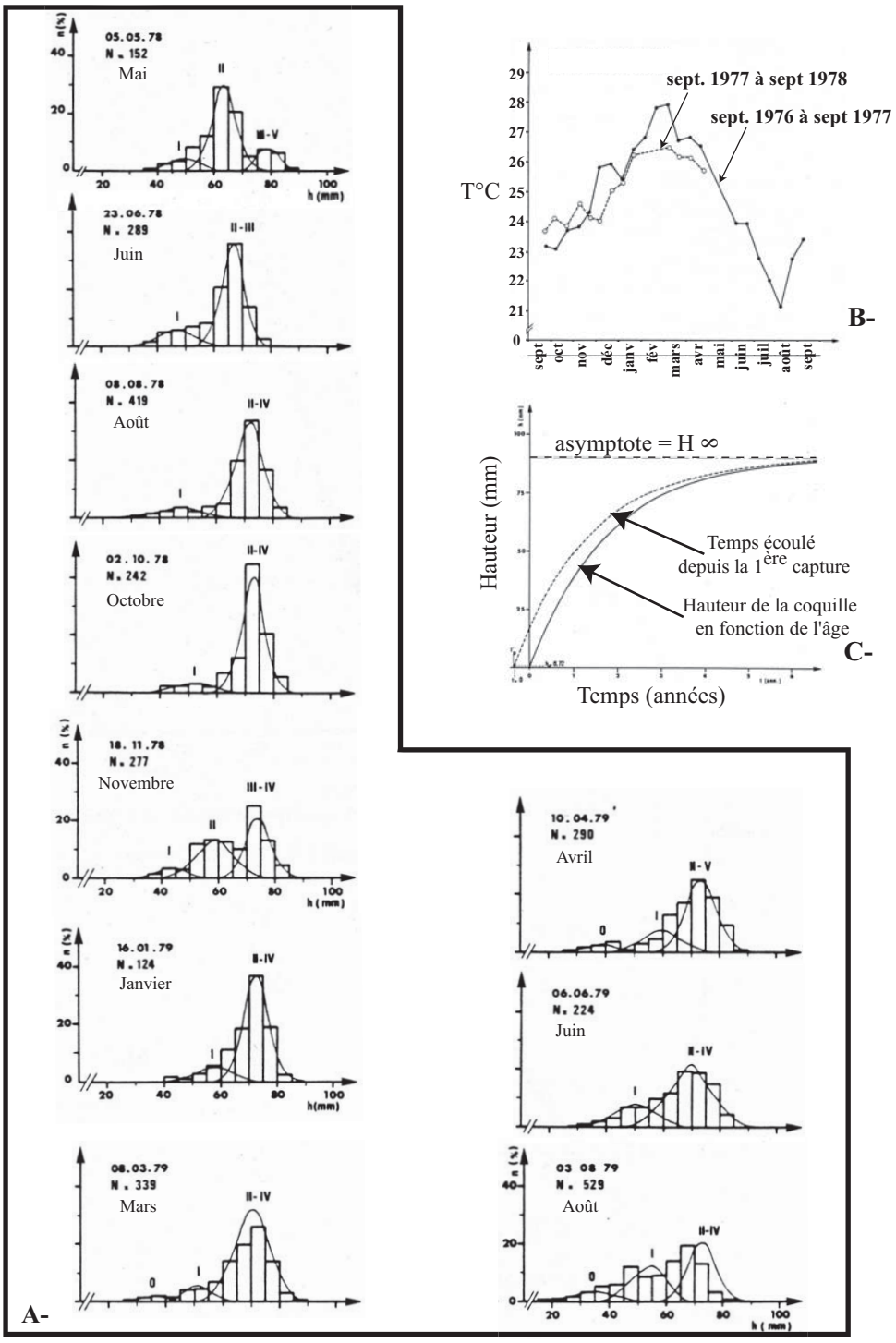


Figure 66 : Croissance et dynamique de *Turbo setosus* (Tuamotu, Polynésie Française)
(d'après Villiers, 1981)
A- **Analyse de la structure démographique : histogrammes de fréquence des hauteurs et courbes théoriques des distributions de fréquences correspondant aux cohortes (en chiffre romain).**
B- Températures journalières moyennes de l'eau
C- Courbes de croissance théoriques établies à partir du modèle de Von Bertalanffy ; hauteur de la coquille en fonction du temps écoulé depuis la première capture et hauteur de la coquille en fonction de l'âge.

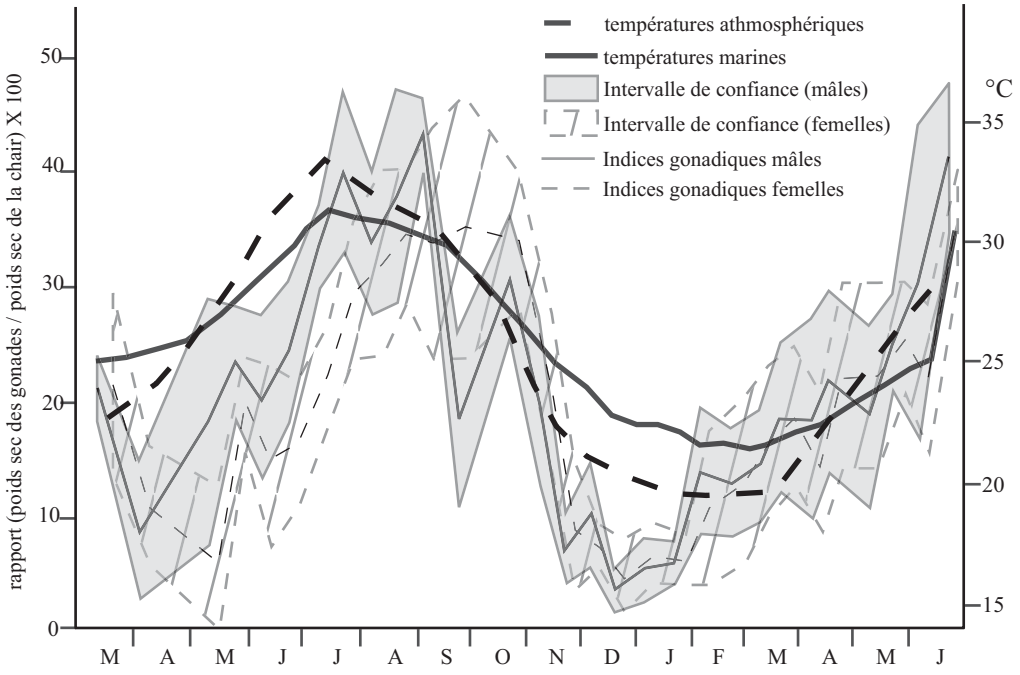


Figure 67 : Cycle de reproduction de *Lunella granulata* en fonction des températures marines : les indices gonadiques mâles et femelles augmentent en même temps que les températures marines (d'après Fuse T., 1993 modifié)

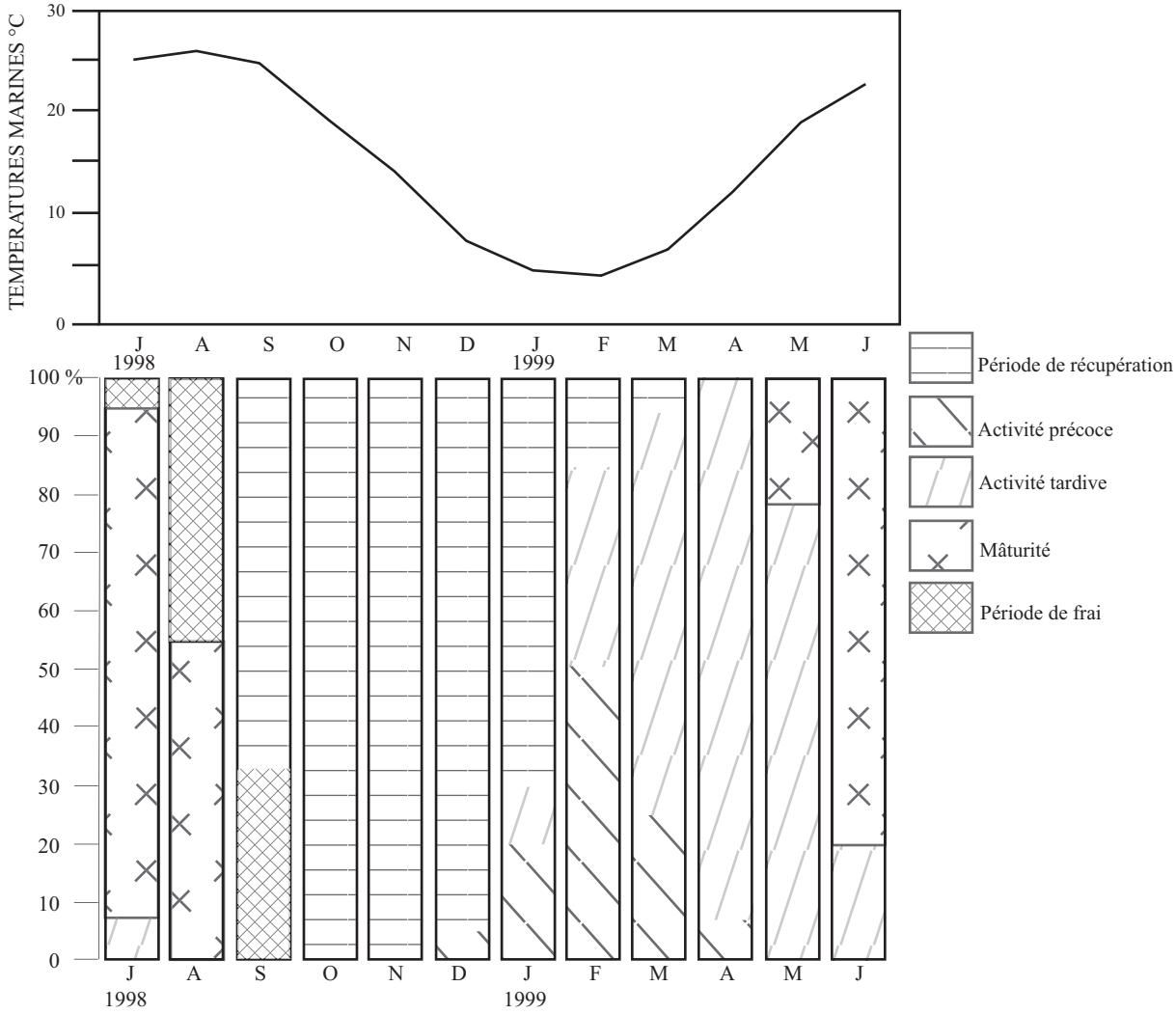


Figure 68 : Cycle de reproduction de l'espèce *Lunella coronata coreensis* selon Lee, (2000)

croissance. Pour *Turbo setosus*, l'auteur met en évidence jusqu'à trois cohortes (**Fig. 66**) correspondant à des variations saisonnières avec deux phases de recrutement qui semblent liées aux augmentations de températures.

12.2.2 Physiologie de la reproduction

12.2.2.1 *Lunella granulata* (Fuse, 1993)

L'étude de *Lunella granulata* a été effectuée dans la région d'Okinawa (26°09'N, 121°00'E ; Kyoto, Japon). Le mollusque *Lunella granulata* y est présent en grande quantité et régulièrement consommé par l'homme.

L'espèce vit au sein de l'étage intertidal en milieu rocheux et tropical à sub-tropical de la zone indo-pacifique. Les individus adultes atteignent une taille de 20 à 30 mm et vivent généralement dans les crevasses ou sous les rochers. Les individus de taille inférieure à 15 mm préfèrent les zones de graviers. Les individus étudiés ont été collectés entre mars 1988 et juin 1989 (Fuse, 1993).

Afin de déterminer les périodes de reproduction de *Lunella granulata*, l'auteur (Fuse, 1993) a choisi de peser des gonades mâles et femelles au fil des saisons. Les résultats présentés (**Fig. 67**), accompagnés des températures marines, mettent en évidence une étroite relation entre les températures marines et les périodes de reproduction.

Deux périodes marquent la reproduction, d'une part l'augmentation progressive des températures de janvier et février qui induisent la mâturation sexuelle des mâles et des femelles, d'autre part, la diminution des températures en octobre et novembre qui a l'effet inverse.

12.2.2.2 *Lunella coronata coreensis*

Etude de Lee (2000)

Le matériel étudié par Lee (2000) provient de la zone intertidale rocheuse de Daehang-ri, Buan-gun, Jeollabuk-do sur la côte Ouest de la Corée. Il a été collecté tous les mois, entre juillet 1998 et juin 1999.

La pesée des gonades mâles et femelles (**Fig. 68**) a permis de mettre en évidence que les individus aptes à la reproduction devaient mesurer une taille supérieure à 7 mm de hauteur de coquille. Le poids des gonades augmente en mars, quand les températures croissent et à l'inverse, il diminue lorsque s'amorce la baisse des températures. La période de fraie a lieu chaque année entre juillet et septembre quand les températures atteignent leur maximum de 24,8°C. La température est donc un facteur primordial dans la reproduction de *Lunella*

coronata coreensis : la mâturation sexuelle augmente avec la température et la période de frai pourrait être déclenchée par le pic de température du mois de juin.

Etude de Yukihira (1995a, b, c)

La collecte a été effectuée sur l'île de Seunsui-jima (Honshu) en milieu rocheux entre mai 1992 et novembre 1993. Cette espèce adopte un comportement différent en fonction de son âge. Les juvéniles vivent dans les cuvettes où ils se nourrissent de diatomées ; quant aux adultes, ils vivent en haute mer et se nourrissent d'algues. Dans les deux cas, l'activité se fait principalement pendant la nuit. Ils se regroupent pendant les mois d'hivers dans les cuvettes, lorsque diminue leur activité (mouvement et recherche de nourriture), ce qui provoque l'arrêt de la croissance qui ne reprend qu'au printemps.

À partir de l'indice gonadique, (**Fig. 69**) il est possible de mettre en évidence un pic de reproduction entre juin et septembre avec une très forte augmentation en septembre. Il est très étroitement lié à la température marine mais paraît aussi lié à certains phénomènes climatiques comme les typhons qui semblent être un facteur déclenchant pendant le mois de septembre.

12.2.3 Caractéristiques de la croissance et de la reproduction de *Lunella*

À partir des données obtenues sur les différentes espèces de Turbo, il est possible d'observer une croissance de type logarithmique avec une distribution des tailles pouvant varier en fonction des périodes de reproduction avec des distributions multimodales ou de type Poisson inversé. La reproduction est donc un facteur important dans la compréhension de ces distributions. Elle est essentiellement conditionnée par des variations de températures marines. La température est donc un facteur déterminant dans la mâturation des gonades. Lorsque la température atteint son maximum, elle déclenche la frai. Néanmoins, dans certains cas (Yukihira *et al.*, 1995b ; a ; c), elle n'est pas le seul facteur déclenchant, d'autres phénomènes météorologiques tels que les typhons pouvant intervenir. Appliquées à la zone omanaise, les données sur les températures marines actuelles permettent d'obtenir des informations sur les périodes de reproductions actuelles.

Nous avons vu précédemment **(cf. 1.1)** que les températures actuelles diffèrent en fonction de la position du site au Nord ou au Sud selon un axe qui coïncide avec le 22°N.

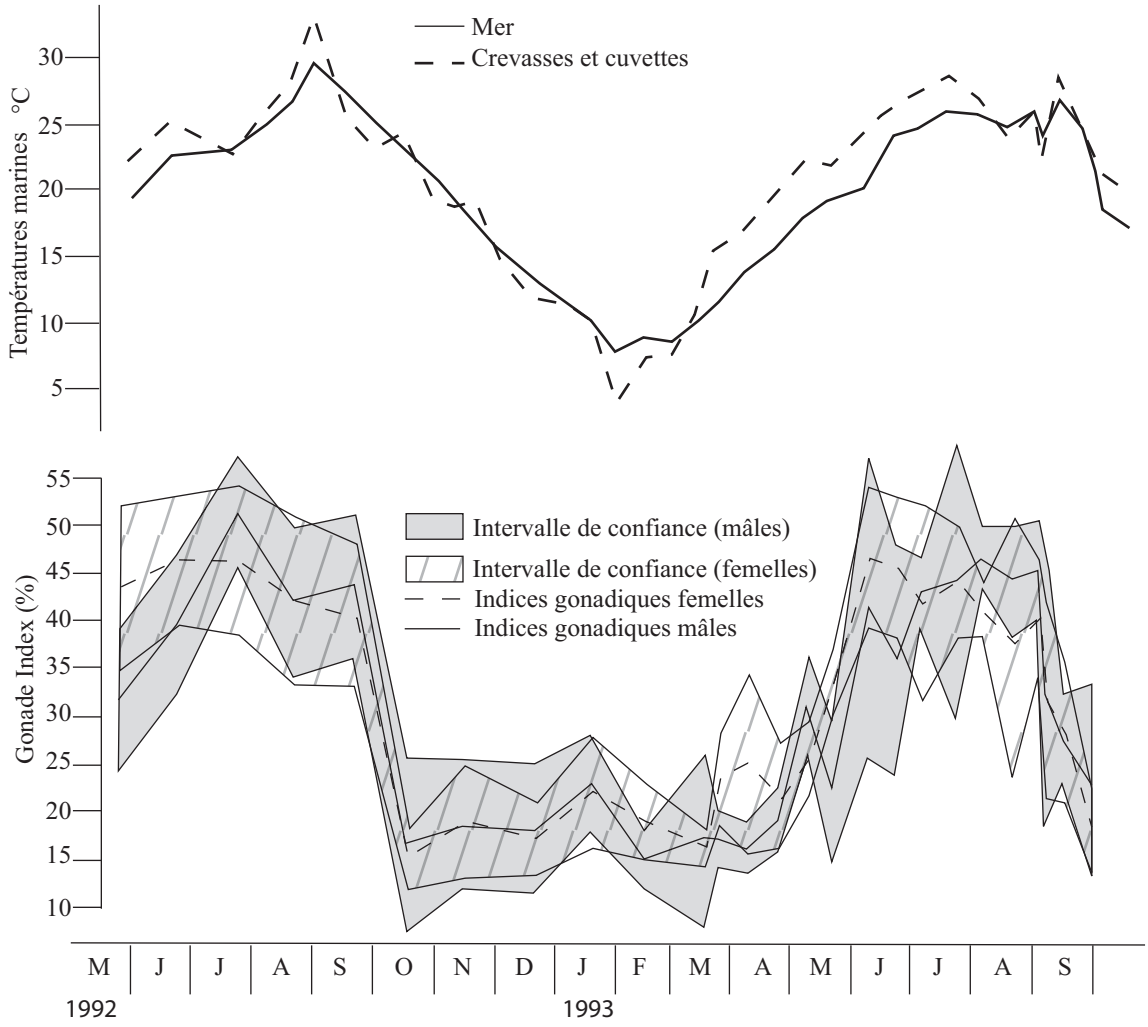


Figure 69 : Cycle de reproduction de *Lunella coronata coreensis* en fonction des températures marines

d'après Yukihira H. et al., 1995 modifié

- Au Nord de cette ligne, on observe un seul pic de température entre juin et septembre qui, si on se fie aux modèles établis sur les proches taxons d'extrême orient, devrait avoir pour conséquences une augmentation de l'indice gonadique et une période de fraie en septembre.
- Au Sud de cette ligne, on observe deux pics de températures qui s'expliquent par une mousson d'été très importante et engendrant un upwelling le long des côtes et donc une diminution des températures. On peut donc émettre l'hypothèse de deux périodes de reproduction, l'une au début de l'été, entre avril et juin, et l'autre entre octobre et décembre.

Les périodes de reproduction de *Lunella coronata*, le long de la côte omanaise, seraient donc variables en fonction de la position du site au Nord (1 seul pic de température) ou au Sud (2 pics de température). Ces informations permettent de modéliser des types de répartition de taille en fonction de la saison. À partir de l'âge de chaque individu et par l'étude sclérochronologique, il sera possible d'obtenir la période et la saison de collecte.

12.3 Méthode et précision des mesures

Tous les opercules de SWY 1 ont été mesurés. La réalisation de ces mesures a pour but la compréhension de l'évolution des moyennes des distributions tout au long de la séquence. L'erreur standard de la mesure a été déterminée à partir de dix opercules choisis au hasard et numérotés de 1 à 10. Ils ont été mesurés dix fois en 3 sessions, soit 30 mesures pour chaque pièce donc un total de 300 mesures. Puis la moyenne, l'écart type et la déviation standard ont été calculés pour chaque pièce. L'erreur relative de 0,03 a été obtenue par la moyenne des déviations standard (min.=0.01 ; max.=0.18).

Afin d'obtenir une représentation graphique optimale des distributions de fréquence dans chaque US, la méthode de Kernel a été utilisée (**Annexe 9.4**). Chaque distribution a été ensuite testée afin de connaître la structure des données :

- distributions normales avec le test d'Agostino
- détermination de la bimodalité avec l'analyse des mélanges (**Annexe 9.4**).

Puis les moyennes des distributions normales ont été comparées à l'aide de tests paramétriques pour permettre une comparaison des moyennes.

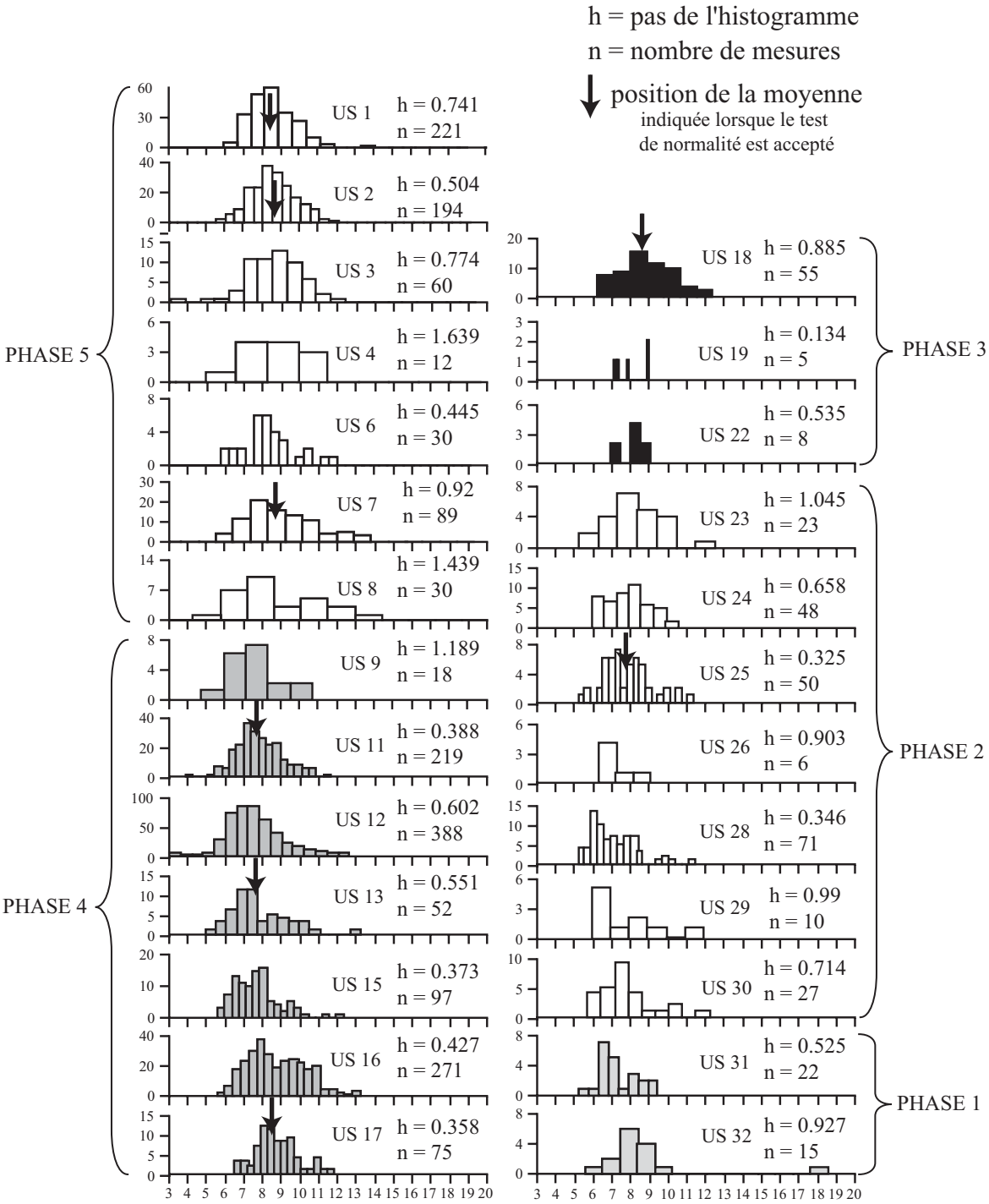


Figure 71 : Histogrammes de taille des opercules de *Lunella coronata* par US. Le pas de l'histogramme a été calculé à partir d'un lissage de Kernel.

12.4 Présentation des résultats

Au total, 2102 opercules ont été mesurés (**Annexe 4.9.1**). Une première analyse, toutes US confondues, met en évidence une très forte corrélation linéaire de 0,93 (ddl = 2100) entre la hauteur et le diamètre maximal des opercules (**Fig. 70**). Cette première observation indique une absence d'allométrie entre la hauteur et le diamètre. Elle permet de limiter la suite du travail à l'étude du diamètre maximal.

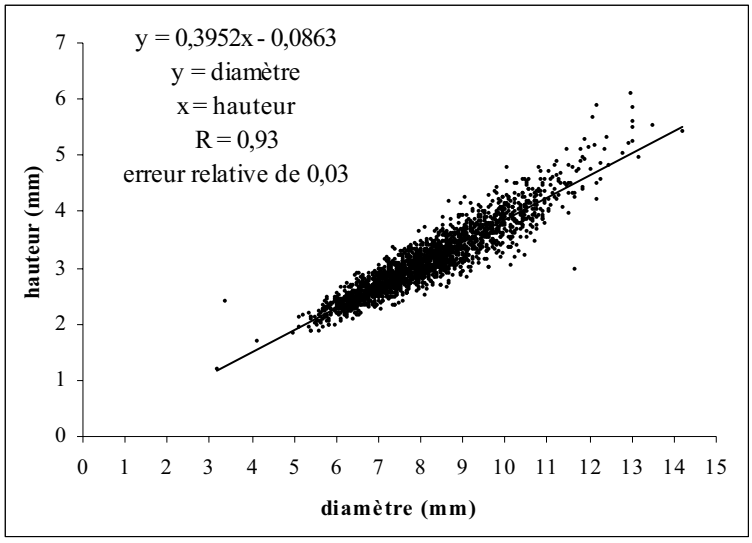


Figure 70 : Mesures sur opercules de *Lunella coronata* des phases 1 à 5 de Suwayh 1 (2102 opercules mesurés).

12.4.1 Etude des distributions

Les pas optimaux obtenus par la méthode de Kernel (**Annexe 4.9.4**) sont représentés par des histogrammes dans la **Figure 71**.

On observe une tendance vers une diminution du diamètre des opercules pendant les phases 2 avec les US 30, 29, 28 et 26 et la phase 4 avec les US 16 à 9.

Le test de normalité d'Agostino a été effectué sur les US dont l'effectif est supérieur à 50. Il indique l'absence de normalité (au seuil de 0,05) pour les US 28, 16, 15, 12 et 3. Les répartitions de fréquence des US 1, 2, 7, 11, 13, 17 et 18 sont acceptées comme normales (**Annexe 4.9.3 et 4.9.3**).

Ne pouvant pour l'instant expliquer la raison de ces variations de modes de distribution, je me suis limitée à comparer entre elles les moyennes, afin de pouvoir observer l'évolution de la taille des opercules au sein du site.

À partir des **figures 71** et **72 (Annexe 4.9.2**), il est possible d'observer une augmentation constante de la taille entre les phases 2 avec l'US 25 (7,8 mm de diamètre) et 3 avec l'US 18 (8,7 mm de diamètre). Le début de la phase 4 est marqué par une nouvelle diminution pour les

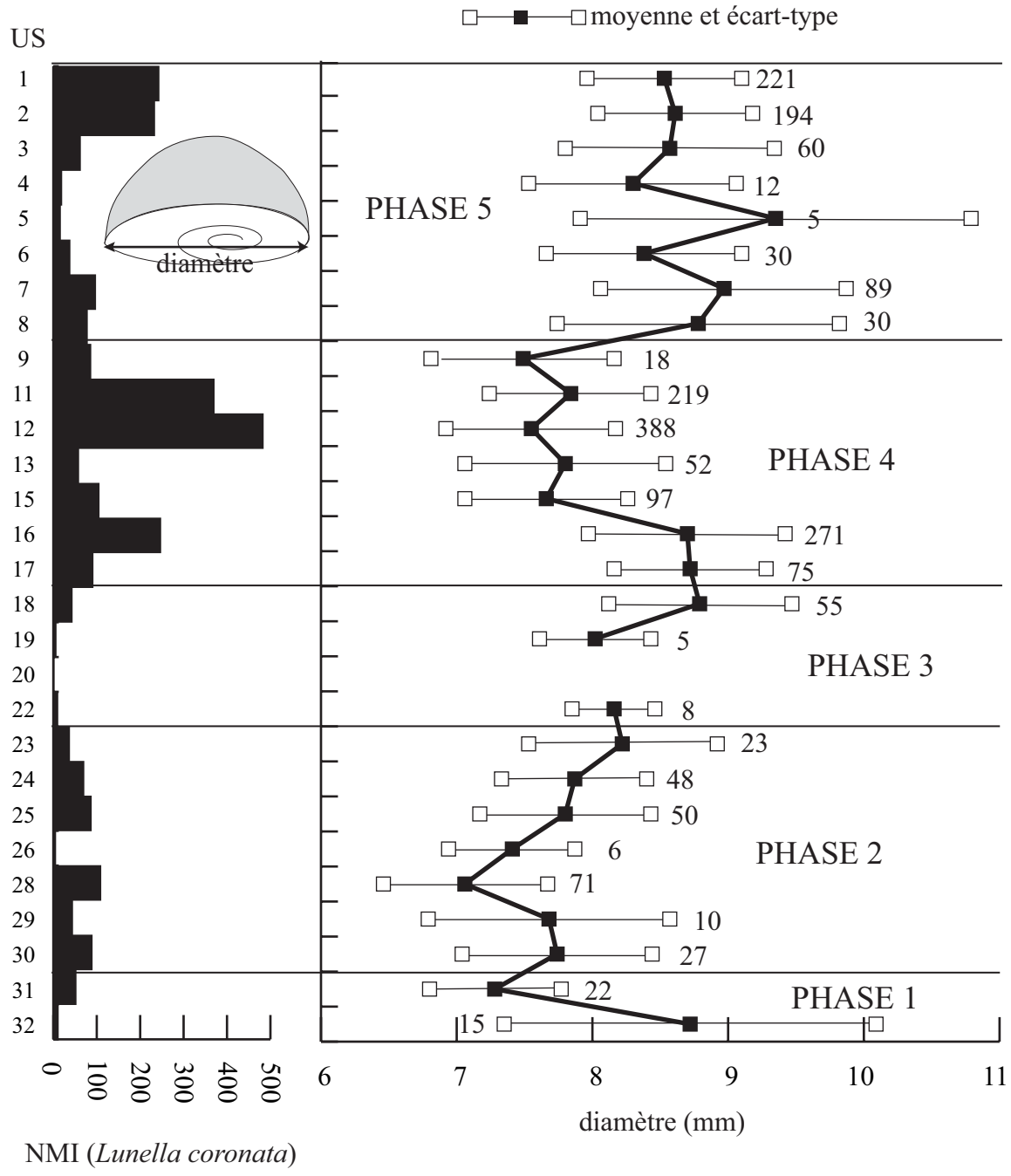


Figure 72 : Moyenne des mesures effectuées sur les opercules de *Lunella coronata.* On observe une augmentation de la taille des opercules à la fin de la phase 2 et au début de la phase 4, suivie d'une diminution à la fin de la phase 4 et enfin une nouvelle augmentation à la phase 5.

US 13 et 11 (7,8 mm de diamètre). Enfin, on observe une nouvelle augmentation à la phase 5 pour les US 7, 2 et 1 (8,5 mm de diamètre).

Pour les unités stratigraphiques où la répartition des mesures est normale, des tests paramétriques ont été effectués afin de déterminer si les moyennes sont significativement différentes entre elles. Les résultats (**Annexe 4.9.5**) confirment les variations visibles sur la **figure 72**[12]. Les moyennes des mesures des US 25, 13 et 11 ne présentent pas de différences significatives entre elles ; il en va de même entre les US 18, 17 et 7 et les US 18, 17, 2 et 1. Les autres moyennes des US sont significativement différentes, elles confirment l'augmentation de taille entre la phase 2, ici représentée par l'US 25 et la fin de la phase 3 avec l'US 18 puis la diminution à la phase 4 suivie d'une nouvelle augmentation à la phase 5. Les observations sur l'évolution de la taille des opercules, effectuées à partir des **figures 71 et 72** sont donc confirmées par les tests statistiques.

Distribution « non normales »

Les distributions révélées comme non normales au test d'Agostino ont été testées afin de vérifier si elles ne résultaient pas d'un mélange de plusieurs sous populations (ou cohortes) aux paramètres de croissance différents. En effet, comme pour les distributions de *Turbo setosus* (Villiers, 1981), elles apparaissent parfois comme des distributions de type Poisson (US 12, 15, 16 et 28) ou Poisson inversé (US 3).

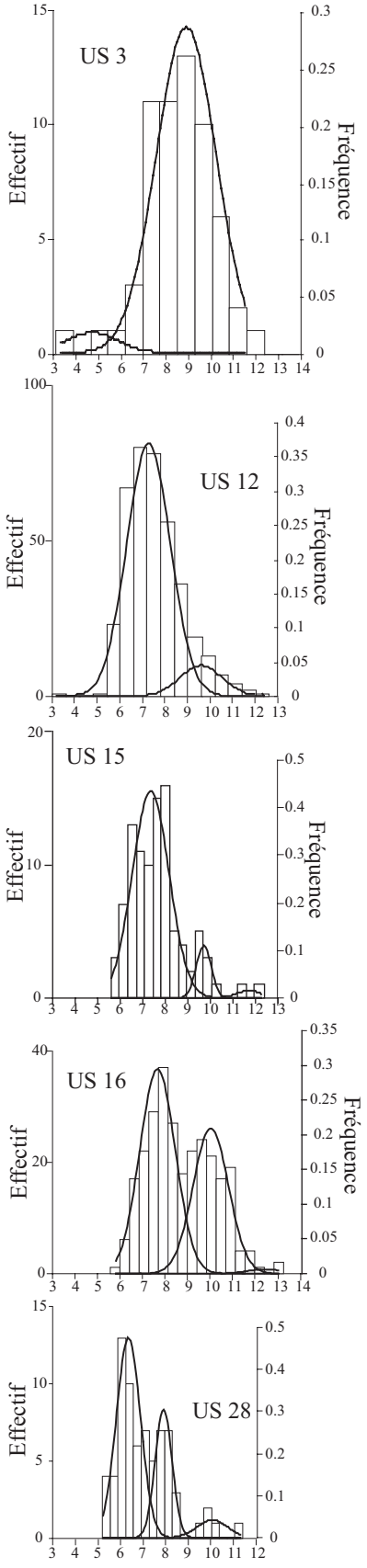
Cette hypothèse a été testée à l'aide de l'analyse de mixture (**Fig. 73**). Un nombre maximum de 5 groupes a été trouvé pour chaque US avec un intervalle de confiance de 95%.

Pour l'US 3, deux groupes ont été trouvés ; le groupe 1 comprend 5% des individus soit seulement 3 individus, avec une moyenne de 4,753 ± 1,107. Le premier groupe est donc difficilement utilisable pour toute interprétation. Le groupe 2 est composé de 57 individus (95%) répartis autour d'une moyenne de 8,89 mm ± 1,33.

Pour l'US 12, deux groupes ont été trouvés ; le groupe 1 comprend 233 individus soit 60% avec une moyenne de 7,03 mm ± 0,77 et le groupe 2 comprend 155 individus soit 40% avec une moyenne de 9,854 mm ± 0,96. Il s'agit donc d'une répartition bimodale.

L'US 15 est composée de trois groupes représentant respectivement 89%, 9% et 2% d'individus obtenus à partir d'un effectif de 97 individus, répartis respectivement autour des moyennes : 7,36 mm ± 0,814, 9,71 mm ± 0,332 et 11,73 mm ± 0,544. Le groupe 3 est très

[12] Ces variations sont beaucoup plus grandes que l'erreur de mesure.



Op 03	**y*=5.599**	e = 0.017		**Ln = -110.733**
	% d'individus	**estimation du NI**	**Moyenne**	**Déviation standart**
Groupe 1	5%	3	4.753	1.107
Groupe 2	95%	57	8.886	1.328
Op 12	**y*=8.120**	e = 0.226		**Ln = -617.814**
	% d'individus	**estimation du NI**	**Moyenne**	**Déviation standart**
Groupe 1	60%	233	7.026	0.768
Groupe 2	40%	155	9.854	0.964
Op 15		**Ln = -144.191**		
	% d'individus	**estimation du NI**	**Moyenne**	**Déviation standart**
Groupe 1	89%	86	7.357	0.815
Groupe 2	9%	9	9.71	0.332
Groupe 3	2%	2	11.73	0.544
Op 16		**Ln = -465.118**		
	% d'individus	**estimation du NI**	**Moyenne**	**Déviation standart**
Groupe 1	57%	154	7.659	0.774
Groupe 2	42%	114	10.016	0.814
Groupe 3	1%	3	12.955	0.055
Op 28		**Ln = -101.943**		
	% d'individus	**estimation du NI**	**Moyenne**	**Déviation standart**
Groupe 1	64%	45	6.342	0.536
Groupe 2	29%	21	7.907	0.373
Groupe 3	7%	5	10.062	0.689

Figure 73 : Position des différents groupes qui ressortent après l'analyse des mélanges. A gauche, distribution des tailles des opercules dans les différentes US. La courbe représente les différents groupes qui ressortent après l'analyse des mélanges. On observe, excepté pour l'US 3, 2 groupes, un premier avec un effectif élevé et un second avec un plus petit nombre d'opercules.

faiblement représenté. Il est difficilement utilisable pour toute interprétation, on considère donc qu'il s'agit d'une répartition bimodale.

L'US 16 comprend trois groupes, le groupe 3 ne possède que 3 individus. J'ai choisi de ne pas le présenter. Le groupe 1 qui représente 57% de la répartition se compose de 154 individus répartis autour de la moyenne de 7,659 mm ± 0,77 et le groupe deux de 114 individus avec une moyenne de 10 mm ± 0,81. La répartition est donc de type bimodale.

On distingue trois groupes pour l'US 28, le groupe 1 réunit 45 individus avec une moyenne de 6,342 mm ± 0,54, le groupe 2 comprend 21 individus d'une moyenne de 7,9 mm ± 0,81 et enfin le groupe 3 avec 5 individus d'une moyenne de 10 mm ± 0,7. Malgré le faible nombre d'individus du groupe 3, j'ai choisi de le conserver, les individus se répartissant sur une fourchette entre 9 et 12 mm et correspondant à 7% de la répartition. Il pourrait donc s'agir d'une répartition trimodale.

Si l'on compare ces distributions au modèle théorique proposé par Villiers (1981), on s'attendrait à observer une distribution multimodale, de type Poisson inversé, hors on observe des distributions de type Poisson avec beaucoup de petits et moins de grands individus. Ces distributions ne correspondent donc pas à une population naturelle.

La présence de plusieurs groupes au sein des distributions de taille peut s'expliquer par une surexploitation. Pour les US 28, 16, 15 et 12, les distributions sont proches d'une loi de Poisson avec la présence de plusieurs groupes avec beaucoup d'individus de petite taille et une moyenne de taille plus basse que pour l'US 3. Ce phénomène pourrait résulter de l'exploitation d'une population déjà un peu surexploitée et avec par conséquent peu d'individus de grande taille et beaucoup plus de petits individus. Pour l'US 03, le phénomène est inversé avec beaucoup de grands individus, il pourrait indiquer une phase particulièrement favorable pour cette espèce et sans surexploitation.

12.4.2 Analyse de la corrélation entre la taille moyenne et les effectifs

L'analyse de corrélation entre la taille moyenne des diamètres d'opercule et le nombre minimum d'individus a pour but de déterminer s'il existe une relation entre la collecte humaine et la taille, donc de mesurer la pression de collecte sur la population de mollusques (**Fig. 74**). La corrélation effectuée sur la totalité des US entre la moyenne de diamètre et le NMI indique l'absence de corrélation avec un coefficient de seulement 0,22 (pour un ddl=26). Par contre, la corrélation est positive lorsque l'on teste séparément les US des phases 1-2-3 et 5-4. Ainsi la corrélation est de -0,45 soit $0,05<P<0,1$ (avec ddl=15) pour les phases 5 et 4.

Pour les phases 1-2-3, la corrélation est de -0,59 soit 0,02<P<0,05 (avec ddl=10). Ces corrélations, assez faibles mais néanmoins significatives, montrent que lorsque les NMI augmentent, la taille du diamètre de l'opercule tend à diminuer et inversement, lorsque le NMI diminue, la taille tend à augmenter.

Il y a donc une mauvaise corrélation sur l'ensemble de la séquence. Le fait que les corrélations soient positives si l'on sépare les phases 5-4 des phases 1-2-3 montre que cette séquence est hétérogène avec deux régressions différentes. Ces deux régressions peuvent résulter de deux biotopes ou d'exploitations engendrant deux types de répartitions de tailles. On observe donc dans chacun de ces deux groupes une corrélation négative entre le NMI et la moyenne des diamètres, ce qui signifie que la collecte entraîne rapidement la disparition des plus gros individus, confirmant ainsi l'hypothèse d'une surexploitation évoquée précédemment.

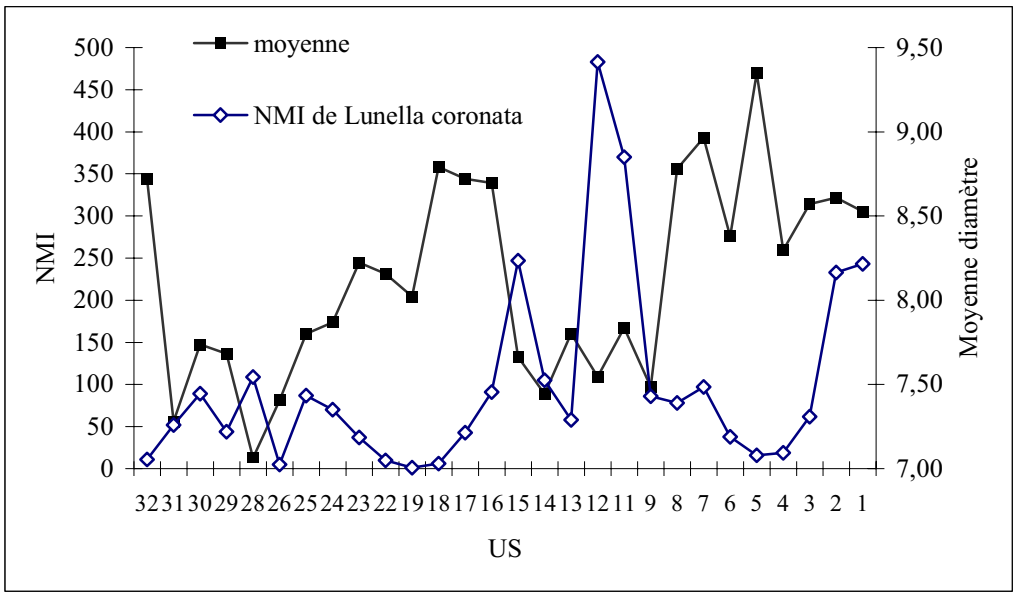


Figure 74 : Représentation graphique du NMI et de la moyenne des diamètres d'opercules par US pour SWY 1.

12.4.3 Interprétation et conclusion

Nous observons, à partir des mesures effectuées sur le diamètre de l'opercule, des variations de taille avec une diminution à la phase 2, puis une augmentation à la phase 3, de nouveau une diminution à la phase 4 et enfin une nouvelle augmentation à la phase 5.

L'étude des distributions de taille par US montre la présence de cinq distributions (US 28, 16, 15, 12 et 3) se révélant négatives au test de normalité. L'analyse des mélanges effectuée sur ces US indique la présence de plusieurs groupes avec un groupe comprenant de nombreux individus de petites tailles, suivi de groupes de grande taille mais avec un faible effectif. Ce

type de distribution est proche d'une distribution répondant à une loi de Poisson. Seule l'US 3 comprend deux groupes mais avec plus de grands opercules que de petits. La présence de ces petits groupes de grands individus est peut-être un indice d'une surexploitation de cette espèce par l'homme. Les individus de grande taille disparaissent progressivement, la collecte se compose alors essentiellement des petits individus.

Afin de vérifier la relation entre les collectes et la taille des opercules, une analyse de corrélation a été effectuée entre le NMI, réalisé à partir des opercules, et les moyennes de taille par US. Les résultats obtenus sont mitigés, l'analyse effectuée sur la totalité de la séquence indique l'absence de corrélation entre ces deux critères ; par contre, lorsqu'elle est effectuée sur la moitié de la séquence (phases 1-2-3 et phases 5-4), on obtient de fortes corrélations négatives. Malgré une absence de corrélation sur l'ensemble de la séquence, les corrélations obtenues pour les phases 1-2-3 et 5-4 signifient que la collecte entraîne rapidement la disparition des gros individus par la surexploitation.

À l'inverse, la fin de la séquence pourrait indiquer la présence de conditions écologiques favorables pour le développement de cette espèce comme semble l'indiquer l'analyse des mélanges de l'US 3 avec une augmentation de la taille et beaucoup plus de grands individus que de petits.

L'étude des distributions et l'analyse des corrélations convergent vers l'hypothèse d'une surexploitation de l'espèce Lunella coronata *qui conduit à une diminution de la taille des individus. La fin de la phase 5b pourrait indiquer la présence d'un environnement favorable au développement de cette espèce avec une augmentation de la taille.*

12.5 Sclérochronologie de l'opercule

La sclérochronologie est utilisée en archéozoologie depuis le début des années 1970. Hiroko Koike (1972 ; 1975 ; 1979 ; 1980) appliqua cette technique sur un bivalve pour déterminer la période de collecte de mollusques marins sur un site de la période Jomon. Ces travaux permirent d'obtenir des informations sur l'âge de l'animal à partir du décompte des lignes, donc sur la saison de collecte.

Les premiers travaux de sclérochronologie couplés à des analyses isotopiques ont été réalisés dans les années 1980 par Killingley (1981) et Deith (1983 ; 1983). Ces travaux mirent en évidence la nécessité d'une bonne compréhension de la croissance du mollusque avant toute analyse isotopique et donc d'un échantillonnage adapté, effectué en tenant compte des

stries de croissance et de la composition isotopique de l'eau. Malgré le fort potentiel de cette méthode, elle n'eut que très peu de développement en malacologie et resta confinée aux États-Unis et au Japon.

À la fin des années 80, des études plus précises vont chercher à corréler l'épaisseur des stries de croissances et le cycle de la marée notamment avec l'espèce *Terebralia palustris* (Ohno, 1989). Cette approche s'est par la suite généralisée, se développant particulièrement aux Etats-Unis (Jones et Quitmyer, 1996) et commençant seulement à trouver des applications en Europe (Schöne *et al.*, 2002 ; Mannino *et al.*, 2003 ; Schöne *et al.*, 2004).

L'originalité de mon travail réside dans le support : l'opercule. Cet élément du squelette externe est très peu étudiée et souvent méconnue des archéologues. Elle est donc rarement conservée. L'étude de l'opercule permet d'aborder la sclérochronologie pour les gastéropodes pour lesquels cette technique est encore peu développée.

À partir de l'étude des opercules de l'espèce *Lunella coronata*, j'espère obtenir des informations sur l'éventuelle saisonnalité de la collecte. La croissance de l'opercule se faisant de manière rythmique journalière, les marques de stries permettent ainsi de connaître à quel moment de ce rythme est intervenue la mort et donc la collecte de ces mollusques. Lorsque l'âge du mollusque a été estimé, il est possible, à partir des informations dont nous disposons sur les périodes de reproduction et donc des naissances des mollusques, de déterminer la saison de collecte de l'animal.

12.5.1 Lecture et signification des stries de croissance

Une seule étude (Sire et Bonnet, 1984) a pour sujet la croissance de l'opercule et plus particulièrement l'identification des stries journalières de l'espèce *Turbo setosus*. C'est à partir de ce travail et à partir des informations disponibles sur les températures marines, que je tenterai d'estimer l'âge de ces mollusques et la période de collecte de l'animal.

12.5.1.1 Exemple de *Turbo setosus*

L'étude effectuée par J.-Y. Sire sur l'opercule de *Turbo setosus* a permis de mettre en évidence la présence de stries de croissance visibles sur la coupe longitudinale à la face d'insertion du pied (**Fig. 75**). Pour *Turbo setosus*, trois types de stries ont été mis en évidence, ils sont présentés ici de la plus fine à la plus épaisse :

Stries C :

Ces stries ne sont visibles que dans les zones de fort accroissement. Elles correspondent à des rythmes infra journaliers et se composent d'une bande sombre et d'une bande claire.

Stries B :

À partir de la technique du marquage vital, il a été possible de mettre en évidence des stries journalières qui permettent d'obtenir un âge individuel.

Ces stries se composent d'une bande sombre et d'une bande claire dans la partie à forte croissance, en périphérie de l'opercule, où les stries C sont très clairement visibles.

Dans la partie à faible croissance, vers le centre, les stries B sont plus resserrées et les stries C ne sont pas visibles.

Stries A :

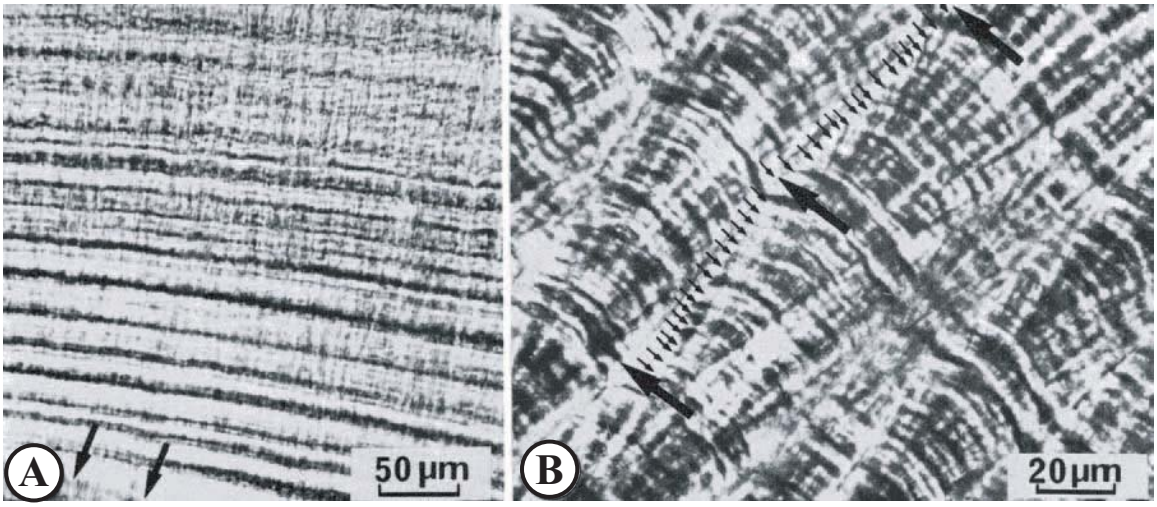
Ces stries sont interprétées comme des marqueurs de stress et correspondent à l'ajout successif de stries B engendré par un ralentissement de la croissance. Elles sont généralement très marquées, car très serrées, et leur position varie en fonction des individus.

C'est à partir de ces travaux, et avec l'aide de J.-Y. Sire, que j'ai tenté d'effectuer une étude similaire sur l'espèce *Lunella coronata*.

12.5.1.2 Comparaison *Turbo setosus* / *Lunella coronata*

Suite à la réalisation des lames minces effectuées parallèlement au plan d'insertion du pied (coupe longitudinale ; **annexe 11**), l'observation microscopique a confirmé la présence de stries plus ou moins lisibles en fonction de l'opercule et de l'épaisseur de la lame. Ces stries ont ensuite été comparées à celles qui ont été observées sur les opercules de *Turbo setosus*. On retrouve sur les opercules de *Lunella coronata* la croissance spiralée mais aussi les stries

Coupes d'un opercule de *Turbo setosus* parallèlement au plan d'insertion sur le pied (Sire et Bonnet, 1984).



Coupes d'un opercule de *Lunella coronata* parallèlement au plan d'insertion sur le pied.

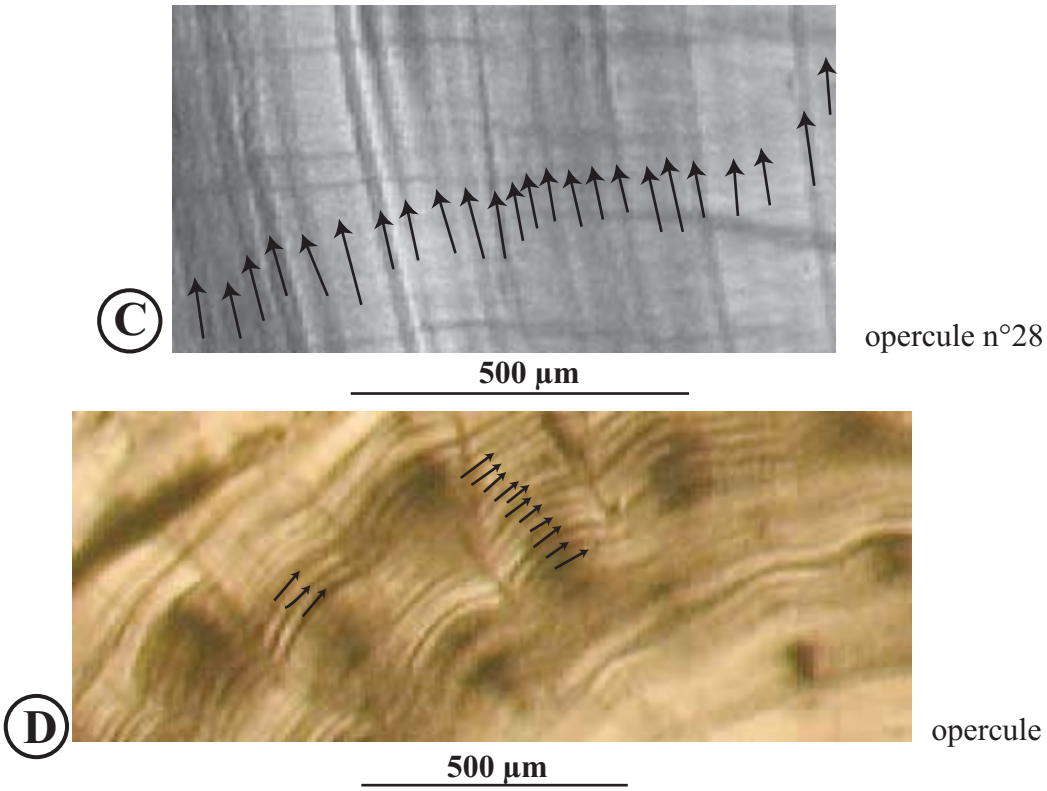


Figure 75 : Organisation des stries de croissance des opercules de *Turbo setosus* et *Lunella coronata*
A et C : Zone de faible croissance
B : Agrandissement de deux stries B (intervalle entre deux flèches) avec la présence de stries intermédiaires ou stries C
D : Zone à proximité du centre où les stries B sont très serrées et forment une organisation en "cônes emboîtés" visible aussi pour *Turbo setosus.*

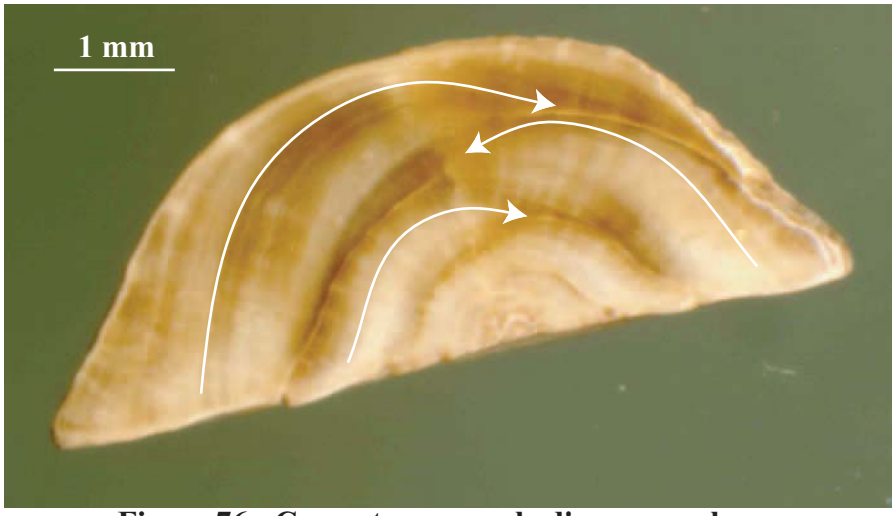
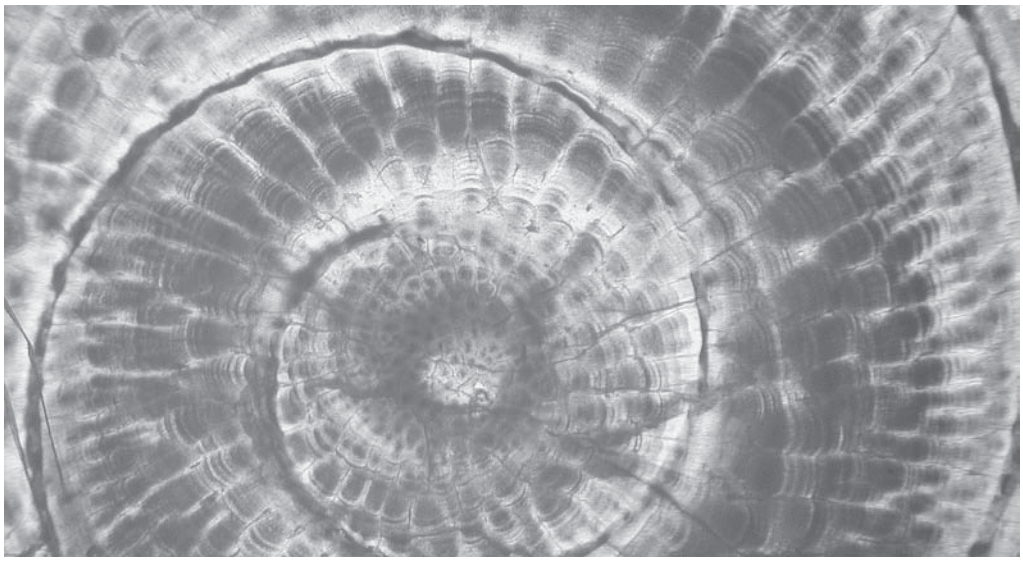


Figure 76 : Coupe transversale d'un opercule.
Les flèches indiquent le sens du dépôt des couches

A-



B-

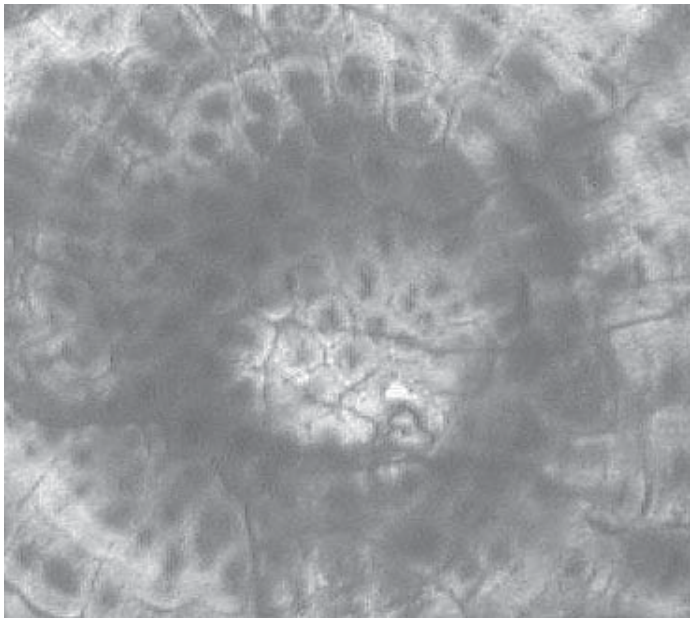


Figure 77 : Vue du centre de l'opercule n°39 de *Lunella coronata*
(coupe parallèle au plan d'insertion du pied)
A- vue générale du centre
B- Zone centrale, détail de A, montrant l'organisation de type "cellulaire"

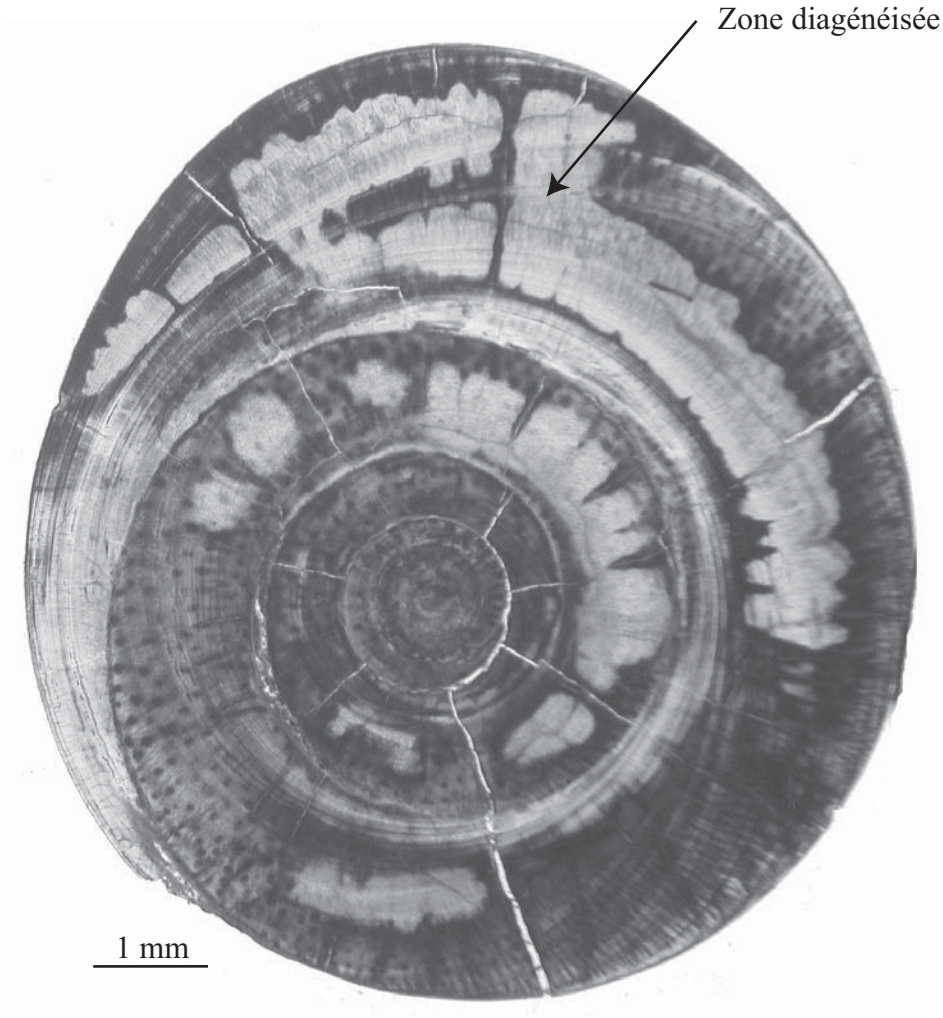


Figure 78 :
Opercule (n°5) de l'espèce *Lunella coronata* dont la structure a probablement été altérée. Les zones en gris clair sont les zones diagénéisées

A, B (**Fig. 75 et 76**) et parfois les stries C, observables au microscope à fort grossissement. La spirale est visible sur la face plane de l'opercule mais aussi en coupe transversale où l'on voit clairement l'ajout de couches, sur toute la surface externe de l'opercule (**Fig. 76**).

Comme pour *Turbo setosus,* on observe la présence de zones à croissance rapide représentées par des stries fines ou à croissance lente avec des stries épaisses. Compte tenu de sa forme en « croissant de lune », l'épaisseur d'une strie est plus importante au centre que sur les bords (**Fig. 64**).

La zone centrale de l'opercule est difficilement lisible (**Fig. 77**). Elle se présente sous la forme d'un amas de petites « cellules » qui correspondent à la phase larvaire. Cette période de la vie de l'animal est difficile à estimer. Le test atteint généralement entre 1 et 2 mm, 1 mois après sa naissance. J'ai donc choisi de considérer cette phase, correspondant au centre de l'opercule, comme 1 mois maximum de la vie de l'animal.

En outre, certains opercules (**Fig. 78**) présentent des altérations qui rendent illisibles les stries de croissance. Ces modifications semblent liées à la structure de l'opercule et sont probablement provoquées par la diagenèse.

12.5.2 Résultats

12.5.2.1 Le décompte des stries journalières

Le décompte a été effectué à partir de photos numériques prises à l'aide d'un stéréo microscope à lumière transmise. Ces photos ont ensuite été visionnées sur ordinateur à partir de deux logiciels, Illustrator 9 et Photoshop 6. La réalisation de lames minces sur des opercules est un travail délicat qui peut engendrer des fracturations de l'opercule lors de l'élaboration de la lame. Dans certains cas, la fragilité de l'opercule empêche l'amincissement du bloc de résine sur la lame. Certains des opercules ont donc une épaisseur parfois trop importante pour permettre une lecture aisée des lignes de croissance (**Tab. 29**).

Nombre de stries	Diamètre	Nombre de stries	Diamètre	Nombre de stries	Diamètre
181	6,76	121	5,25	158	8,17
238	7,16	135	5,47	122	6,84
152	6,2	166	9,23	108	7,84
186	7,19	113	8,57	140	7,24
239	9	171	10,37	90	5,85
177	7,97	172	7,12	104	5,16
162	8,04	159	7,16	187	6,67
160	7,68	177	7,41	219	10,32
161	8,6	108	8,12	176	9,71
142	6,25	121	6,67	170	9,72

Tableau 29 : Décompte du nombre de lignes et des diamètres (en mm) des opercules de *Lunella coronata* (en gris sont indiqués les opercules en partie illisibles et qui n'ont pas été utilisés pour l'interprétation) provenant de l'US 12 de SWY 1.

Le problème de lisibilité est augmenté par la structure cellulaire du centre de l'opercule. J'ai donc fait le choix de ne jamais compter les lignes du centre afin de ne pas fausser le décompte. Aussi, pour chaque opercule, il manque les premières semaines de vie. Pour résoudre ce problème, j'ai choisi d'estimer cette période de la vie de l'animal à 1 mois, cette estimation est effectuée à partir des données métriques sur la croissance de *Turbo setosus*, l'opercule atteignant 5 mm en 1 mois et demi.

Le décompte des lignes sur un opercule nécessite une lecture précise des stries de croissance et donc un certain temps d'apprentissage qui peut engendrer des erreurs de décompte. Pour éviter ce biais, j'ai effectué une estimation de la marge d'erreur à partir de 5 opercules, comptés successivement à 10 reprises. On obtient ainsi une déviation standard de 9,5 stries soit 9,5 jours (min.=7,5 jours ; max. =11 jours).

Le décompte des lignes met en évidence la présence d'opercules âgés entre 113 et 239 jours auxquels il faut ajouter une période de 1 mois, correspondant au début de la phase juvénile et une déviation standard de 9,5 stries (**Tab. 29**) soit une durée de vie de 5 à 9 mois avant la collecte.

12.5.2.2 La détermination de la période de collecte

Les résultats sont présentés sous la forme d'histogrammes dont le pas a été calculé à partir d'un lissage de Kernel[13] (h = 12,675 soit 12 jours). La représentation graphique de ces âges sur la **figure 79** montre la présence d'un « pic » d'opercules âgés entre 189 et 202 jours environs.

- Si l'on considère qu'ils ont tous été collectés sur une même période de temps court, alors on obtient des individus dont les âges et donc la période de naissance se répartit sur 4 mois.

- Si l'on considère l'hypothèse d'une reproduction lors de l'augmentation de la température, il serait intéressant de comparer cette courbe avec celle des températures marines. Compte tenu des informations disponibles sur les variations climatiques pendant l'optimum holocène, c'est-à-dire un climat plus humide avec une mousson d'été plus importante, on peut proposer deux possibilités :

[13] Lissage de Kernel effectué sur la totalité des décomptes de lignes excepté les opercules n°26, 31, 35 et 36.

- Un pic de température correspondant au climat actuel, c'est-à-dire avec une mousson d'été faible et des pics de températures marines entre juin et septembre.
- deux pics de température pendant les inter-saisons (avril à juin et octobre-novembre)

L'histogramme (**Fig. 80**) montre un pic d'opercule dont le nombre de jours se répartis entre 137 et 197 jours (+1 mois de phase juvénile) avec un maximum d'individus entre 161 et 173 stries (+1 mois de phase juvénile). On observe également la présence de 4 individus âgés entre 113 et 125 jours (+1 mois de phase juvénile) qui pourraient peut-être indiquer la présence d'un deuxième pic.

Si l'on compare l'histogramme des classes d'âge avec les possibilités de températures marines (**Fig. 79**):

- Dans le cas d'un seul pic de température : il n'y a qu'une seule période de reproduction et donc un pic d'âge.
- Dans le cas de deux pics de températures : il y a deux périodes de reproduction et donc deux pics d'âges.

L'histogramme d'âge effectué à partir des nombres de stries par opercule montre un pic important s'étalant sur 2 mois environ et qui pourrait correspondre avec une courbe de température à un pic et donc une mousson d'été faible. Néanmoins, les 4 opercules âgés entre 113 et 125 jours pourraient indiquer le début d'un deuxième pic de reproduction et donc un deuxième pic de température. Il est impossible pour le moment de préciser quelle proposition est correcte. Ce travail nécessitera une étude complémentaire sur les modifications climatiques dans cette région pendant l'optimum holocène.

Il est tout de même possible d'effectuer une simulation de la période de collecte de ces mollusques en tenant compte des deux possibilités de températures (**Fig. 81**): pour un seul pic de température, on obtient une collecte entre janvier et mars ; pour deux pics de température, en considérant les opercules âgés entre 161 et 173 jours (+ 1 mois de phase larvaire) comme correspondant au 1er pic de température, alors on arrive à une collecte entre décembre et janvier. Dans les deux cas, on obtient alors une collecte plutôt pendant les mois d'hiver.

Cette interprétation d'une collecte effectuée en hiver est à nuancer, de nombreux paramètres entrant en compte :

- *L'incertitude de la durée de vie du mollusque* (**Fig. 79**) : la totalité des mollusques étudiés ont un âge inférieur à 1 an, ces individus de petite taille sont probablement des jeunes. L'absence d'individus adultes pourrait confirmer les observations effectuées par Yukihira (Yukihira *et al.*, 1995a ; b , c) avec des adultes vivant en haute-mer une partie de l'année.

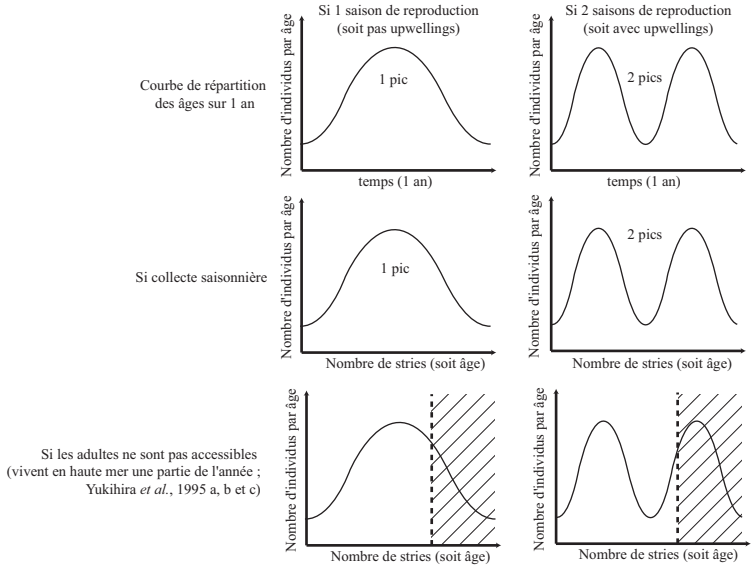


Figure 79 : Schéma des différentes courbes d'âges des mollusques que l'on obtient en fonction des températures marines

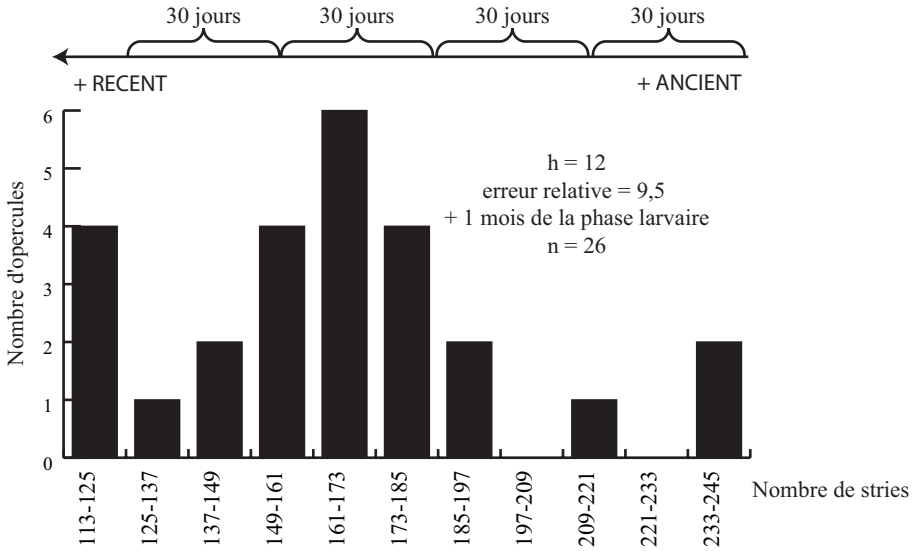


Figure 80 : Histogramme des classes de stries d'opercules de l'espèce *Lunella coronata.* Un premier pic est visible entre 137-197 jours (+30 jours) et un deuxième pic avec seulement 4 individus entre 113 et 125 jours (+ 30 jours).

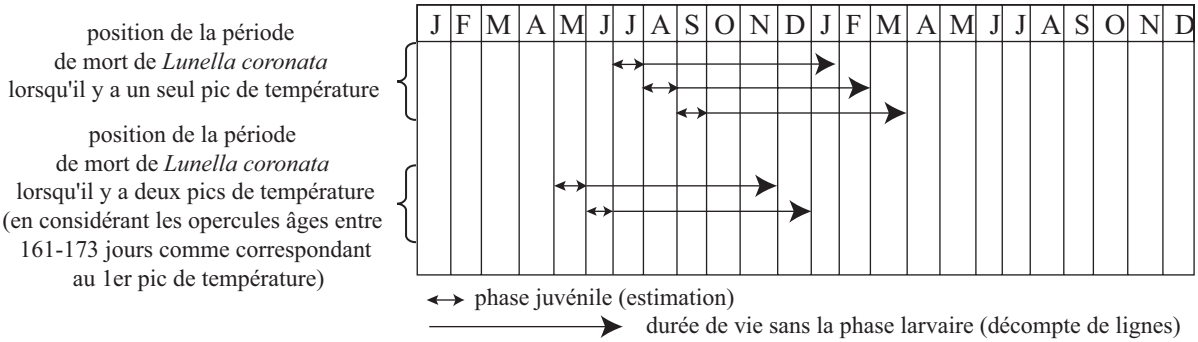
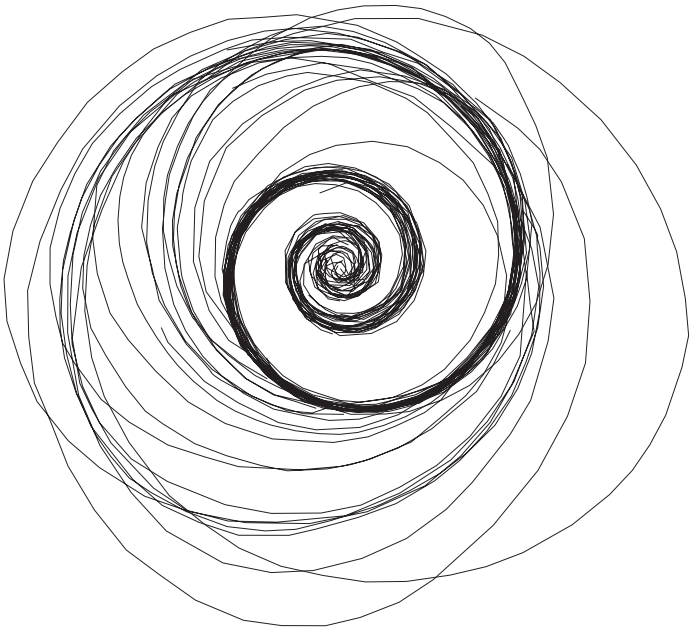


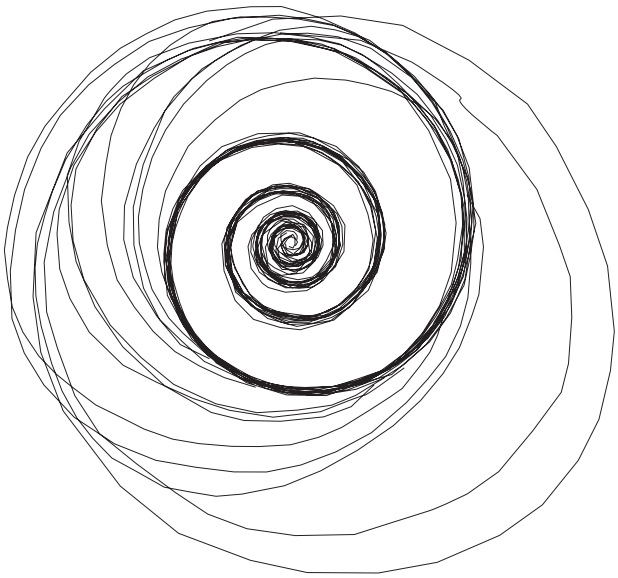
Figure 81 : Simulation de la période de collecte des opercules en tenant compte des températures et en ajoutant la phase larvaire

GROUPE A



1 mm

GROUPE B



1 mm

Figure 82 : Superposition du dessin de la spirale des opercules appartenant au groupe A et B.
Le groupe A comprend 25 opercules dont la spirale est très ouverte.
Le groupe B comprend 13 opercules dont la spirale est plus fermée.

- *La période de temps correspondant au niveau archéologique :* il est impossible d'estimer précisément la période de temps que peut représenter un niveau archéologique. Une occupation de plusieurs mois pourrait fausser les résultats obtenus.
- *Le faible nombre de lames minces :* Cette faible quantité d'opercules étudiés s'explique par la forte quantité d'opercule brisés et par le temps nécessaire à la réalisation de ces lames.
- *Biais anthropique* : La collecte de *Lunella coronata* ne peut pas être considérée comme une image strictement représentative de l'environnement. Le choix humain lors de la collecte peut biaiser certains phénomènes d'ordre environnemental notamment par une collecte ciblée sur certaines classes de taille

Toutes ces données et ces interprétations devront être validées par une analyse isotopique séquencée ($^{18}O/^{16}O$) des stries de croissance des opercules. Elles seront effectuées sur un faible échantillon d'opercules afin de déterminer définitivement la période de collecte ou plus précisément la saison de collecte.

12.5.2.3 Observation des spirales

Comme nous l'avons décrit précédemment, la croissance des opercules forme progressivement le dessin d'une spirale correspondant à l'ajout successif des stries de croissance. Ce dessin est donc caractéristique de la vitesse de croissance de l'opercule. À partir des lames minces, il a été possible de dessiner précisément le dessin de ces spirales.

La superposition des dessins de spirales permet de distinguer deux groupes se différenciant par le nombre de spires et le diamètre de l'opercule. La spirale du groupe A comprend 25 opercules dont la boucle de la dernière spirale est très ouverte (**Fig. 82**), le groupe B comprend 13 opercules avec une spirale plus fermée. La présence de ces deux groupes est confirmée par l'analyse des mélanges effectuée sur l'ensemble des mesures de diamètre pour toute l'US 12.

Il est encore difficile d'interpréter ces deux dessins de spirale regroupant un grand nombre d'individus, deux types de facteurs peuvent être à l'origine de ces variations :

- Deux populations différentes : il est possible de rencontrer deux types différents de populations voire deux sous-espèces, génétiquement différentes et dont la croissance pourrait légèrement modifier le dessin du développement de la spirale.
- micro-biotopes : la croissance d'un coquillage dépend de nombreux facteurs environnementaux, comme l'exposition aux vagues ou la turbidité, en particulier cette espèce, qui vit en mode battu. Une simple variation de l'exposition aux vagues peut avoir des conséquences sur la vitesse de croissance et donc sur la forme de la spirale.

13 Conclusion du chapitre

Explication des variations d'espèces du spectre malacologique

Les données obtenues à partir des mesures effectuées sur les opercules de *Lunella coronata* et sur les valves gauches de *Marcia marmorata* indiquent à la fois d'une surexploitation et des modifications du biotope. Ces informations associées à la présence de *Terebralia palustris* dans les assemblages anthropiques apportent des données nouvelles, qui convergent avec les reconstitutions environnementales proposées précédemment (**cf. 12**) :

- La présence d'une lagune à proximité de SWY 1 confirme les données sur une possible élévation du niveau de la mer estimée à partir de 6000 av. J.-C. et la présence d'un climat plus humide entre 8000 et 4000 av. J.-C. (Blanchet *et al.*, 1998 ; Sanlaville, 1998).
- De plus les données palynologiques obtenues par Lézine (2002) indiquent la présence de la mangrove à 6000 BP.

Il est encore prématuré de déterminer si les variations que l'on observe sur le diagramme malacologique sont réellement les manifestations d'une surexploitation du milieu côtier par l'homme pendant le 5e millénaire av. J.-C. Néanmoins, il semble évident que le climat était très différent de l'actuel et qu'un bouleversement climatique a probablement modifié le milieu lagunaire.

Les mesures des opercules de *Lunella coronata* suggèrent une possible surexploitation humaine pour les US 28, 16, 15 et 12 de cette espèce conduisant à une diminution du diamètre de l'opercule et donc de la taille de la coquille. La fin de la séquence (US 3) est marquée par une augmentation du diamètre qui se manifeste dans la collecte par une augmentation du nombre d'opercule de grand diamètre.

Les observations effectuées sur les valves de *Marcia marmorata* permettent de formuler l'hypothèse d'une possible surexploitation humaine de cette espèce que l'on peut observer par l'apparition d'une collecte d'individus de grande taille, corrélée avec la diminution du NMI. Ce phénomène s'accompagnant d'une modification du milieu lagunaire, on ne peut éliminer l'hypothèse d'une disparition de l'espèce liée à des variations de milieu lagunaire. Il est probable que ces deux facteurs ont eu une influence concomitante sur l'espèce *Marcia marmorata*.

Le problème de la collecte saisonnière

Malgré le faible nombre d'opercules traités pour l'étude sclérochronologique (40 opercules traités et seulement 26 utilisables), il a été possible de mettre en évidence des classes d'âges de mollusques répartis sur 4 mois environ. Une simulation effectuée à partir des différentes possibilités de courbes de températures permet de situer la période de collecte pendant les mois d'hiver.

Cette estimation reste préliminaire compte tenu des nombreux paramètres susceptibles d'intervenir dans la définition de la période de collecte tels que le biais anthropique, la représentation temporelle d'une unité stratigraphique, la durée de vie du mollusque et le faible nombre d'analyses.

Les méthodes biométriques et sclérochronologiques ont permis d'apporter de nouvelles informations sur les habitudes et stratégies de collecte des populations côtières du Néolithique en Oman. Elles devront être affinées notamment par des analyses isotopiques séquencées, sur les opercules ou bien sur une autre espèce de la classe des bivalves.

PARTIE G : SYNTHESE ET DISCUSSION GENERALE

Pour ce travail, 111.764 restes coquilliers ont été utilisés. Ils sont issus de six sites archéologiques et de neuf sondages hors sites. Sur les six sites, le matériel coquillier montre une très grande diversité, avec 200 espèces de mollusques associés à quatre principaux milieux littoraux : rocheux, sableux, vaseux et de mangrove. À partir de ces coquilles, il est possible d'observer des variations dans la composition des taxons accumulés au fil du temps.

Le principal objectif de cette étude était de contribuer à définir le mode de vie des populations du Néolithique à l'Âge du Bronze. Pour tenter d'y répondre dans ce dernier chapitre, j'essayerai dans un premier temps d'établir le type de collecte effectué sur les différents sites et son évolution du Néolithique à l'Âge du Bronze. Puis je tenterai d'expliquer les causes possibles des variations observées à SWY 1, puisque ce site est le mieux documenté sur la longue durée.

14 Synthèse et discussion générale

14.1 Apport de l'étude malacologique aux problématiques des sites

L'analyse des différents assemblages malacologiques a été réalisée grâce à des méthodes de fouilles permettant la collecte de tous les restes coquilliers (tamisage et tri du matériel), à une connaissance précise des informations stratigraphiques des sites et bien sûr à un nombre de coquilles suffisamment important pour permettre les interprétations d'ordre environnemental.

Dans le cas de HD 6, le faible nombre de coquilles n'a pas permis d'évoquer des informations sur l'environnement exploité, par contre, la répartition spatiale des coquilles sur le site a apporté des informations sur l'organisation des pièces de l'habitat. Le matériel provenant des pièces est daté de la période d'occupation des bâtiments, c'est-à-dire la période Hafit, entre 3100 et 2700 av. J.-C. Compte tenu du nombre de restes en présence (7883 restes), très faible par rapport aux autres sites étudiés, je me suis interrogée sur l'origine de ces coquilles. Ainsi, il a été possible de mettre en évidence trois types de vestiges : l'apport de comblement et l'alimentation. J'ai remarqué, la présence dans les pièces VIII et XXV de l'habitat, d'un grand nombre de coquilles roulées (déterminées ou non) et de tout petits gastéropodes qui n'ont pu être apportés pour la consommation ni pour la confection de parure. Ces coquillages correspondent à des assemblages que l'on trouve actuellement sur les plages de sable et indiqueraient un remblai du sol de certaines pièces. Rares sont les coquillages consommés. Ils proviennent quasiment uniquement du milieu rocheux (*Perna picta*, *Ostrea* sp., *Asaphis violascens*). Cette collecte est ciblée sur ces trois espèces. Les coquilles utilisées pour la parure ont principalement été ramassées roulées sur la plage.

14.2 Parure et consommation

Le statut de la coquille comme ressource alimentaire ou comme matière première, a pu être abordé pour les sites étudiés. La plupart des coquilles utilisées comme matière première présentaient certains critères faciles à observer. En effet, certaines coquilles de très petites tailles et de couleurs vives comme *Engina mendicaria,* étaient utilisées comme perles, leur taille ne permettait pas leur consommation, elles n'ont donc pas pu être confondues avec des coquillages ramassés à des fins alimentaires. D'autres espèces, utilisées pour la parure, se

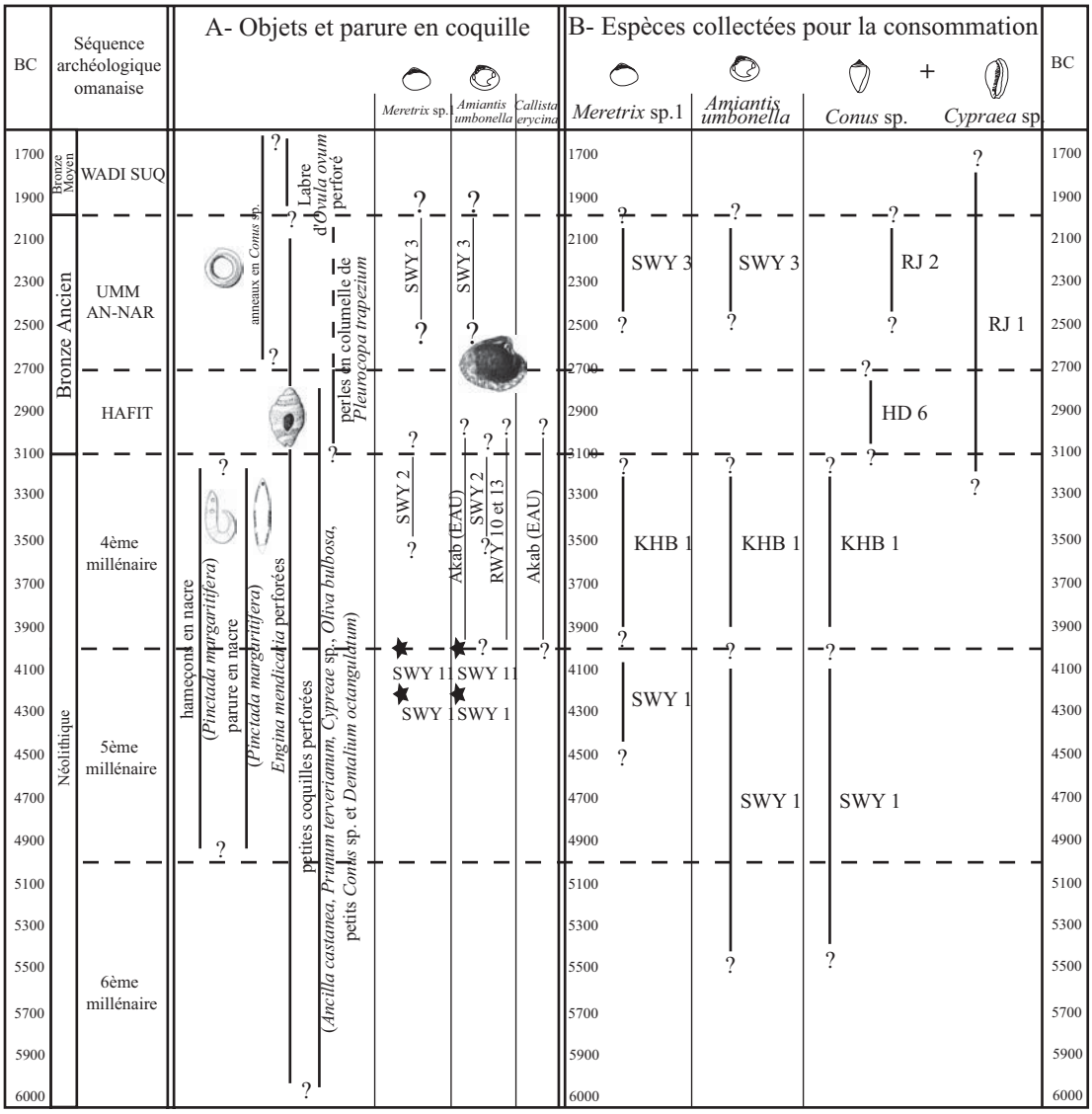


Tableau 30 : Récapitulatif positionnant chronologiquement les espèces utilisées à la fois pour la confection de parures et d'outils et pour la consommation.
(illustrations des parures et outils : G. Devildeur et H. David)

reconnaissent à leur coquille roulée, ramassée sur la plage (*Oliva* sp., *Ancilla* sp. etc.…). Cette caractéristique m'a permis de les différencier facilement du matériel alimentaire.

Il restait néanmoins, pour certains taxons comme *Cypraea* sp., *Conus* sp. ou bien les espèces de la famille des Veneridae, à déterminer si la collecte était motivée par la consommation ou bien pour l'utilisation comme matière première, les deux cas étant possibles sur un même site. À partir des données du **Tableau 30**, il est possible d'apporter un début de réponse. On observe la consommation de ces taxons bien avant le début de leur utilisation pour la confection de parure. Il est donc probable que cette consommation soit la principale motivation pour le ramassage de ces espèces.

Il est difficile d'évaluer l'importance quantitative des coquilles travaillées sur les sites, les données n'étant pas encore publiées. Néanmoins, à partir d'observations effectuées sur le terrain à SWY 1, la manufacture d'objets en coquille reste très faible, probablement inférieure à 2% de la totalité des restes malacologiques.

14.3 Evolution de la collecte du Néolithique à l'Âge du Bronze

La collecte de mollusques marins par l'homme n'implique pas forcément un choix. Elle peut être :

- opportuniste : toutes les espèces consommables et disponibles sont collectées dans les milieux environnants ; dans ce cas, les taxons identifiés sur les sites peuvent être considérés comme représentatifs de l'environnement.
- ciblé : seul un milieu ou quelques espèces sont exploités ; ce type de collecte implique une forte sélection et l'assemblage qui en résulte ne peut donc pas être considéré comme représentatif de l'environnement.

14.3.1 Le Néolithique

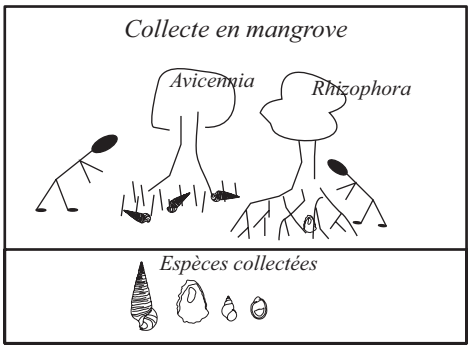
14.3.1.1 6e-5e millénaire av. J.-C. : SWY 1

SWY 1 a livré 17.135 individus répartis en 29 US, sur une surface de 4 m² environ. La longue séquence chronologique permet d'obtenir une vision de la collecte sur la durée des 6e et 5e millénaires av. J.-C. Avec 91 taxons, elle apparaît très diversifiée, ce qui autorise à interpréter les résultats en termes paléoenvironnementaux, tout en gardant à l'esprit que le choix anthropique n'est jamais absent. Seule l'US 33 (phase 1) fait exception à cette règle car elle indique une collecte très ciblée sur *Noetiella chesneyi* et donc sur le milieu rocheux, elle sera donc traitée à part.

Le cas de SWY 1 : Une collecte opportuniste

(exceptée la phase 1)

pendant le 5e millénaire av. J.-C.



du 6e au 5e millénaire av. J.-C. ....

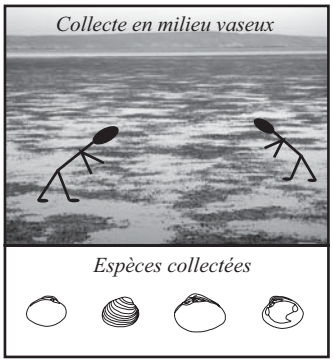


Figure 83 : Représentation schématique des différents milieux et espèces collectées entre le 6e et le 5e millénaire av. J.-C.
Les milieux et les espèces collectées sont très diversifiés indiquant ainsi une collecte de type opportuniste représentative de l'environnement.
(clichés C. Martin)

Phase 2 à 5

Les principales variations, observées dans les phases 2 à 5, concernent les espèces du milieu vaseux (**Fig. 83**). J'observe à la phase 4, une diminution des effectifs de *Marcia marmorata*. Elle correspond à une augmentation de la fréquence de l'espèce *Meretrix* sp.1. Le genre *Meretrix* a la particularité d'apprécier les températures marines élevées et une baisse de la salinité due à la mousson, pendant la période de reproduction (Balasubramanyan, 1960 ; 1984). La phase 5 correspond justement à une période où l'espèce *Terebralia palustris* apparaît au sein du spectre malacologique, indiquant ainsi la présence d'une mangrove. Les données palynologiques de Lézine (2002) indiquent la présence d'une mangrove vers 4000 av. J.-C. dans la lagune de Suwayh, composée de deux principaux taxons de palétuviers *Avicennia* et *Rhizophora* (**Fig. 84**). Le second a la particularité de ne pouvoir supporter que de faibles taux de salinité. Sa présence dans la lagune de Suwayh indique donc un apport d'eau douce suffisamment important et régulier pour permettre son développement.

La présence d'une lagune à Suwayh implique un niveau marin plus haut que l'actuel. Il n'existe pour l'instant que des études des fluctuations des lignes de rivage du golfe Arabo-Persique, néanmoins, les sondages effectués par Lézine à Suwayh montrent la présence d'une lagune, entre 4040-3819 et 3892-3696 BC cal, dans la sebkha localisée derrière le village de Suwayh (6.3.5) et donc un niveau marin plus élevé d'environ 2 m. À partir du diagramme malacologique, j'observe la présence de cette lagune dès 5320-5238 BC cal.

Les indices de diversité et de richesse (**Fig. 85A**) mesurés pour chaque US du site montrent de fortes variations, principalement liées aux modifications des lieux de collecte et de l'environnement. Ils sont généralement supérieurs à 0,5, excepté pour la phase 3.

La mise en corrélation des indices de richesse et de diversité avec les variations O^{18}/O^{16} obtenues pour le Nord et le sud de l'Oman (Neff *et al.*, 2001 ; Fleitmann *et al.*, 2003) montre une relation forte. Les variations observées sur le spectre de SWY 1 pourraient correspondre à celles qui ont été observées pour la stalagmite Q5 :

- La phase 2 de SWY 1 qui s'achève aux alentours de 5300 av. J.-C. indique une forte diversité liée à la présence des espèces de la lagune et du milieu rocheux. Cette augmentation de la diversité pourrait correspondre à une augmentation des précipitations et donc à la forte diminution du $\Delta\delta O^{18}/O^{16}$ visibles sur la stalagmite Q5 vers 5500 av. J.-C.,
- la phase 3 montre un appauvrissement de la richesse spécifique avec uniquement la présence de deux espèces de la lagune. Cette diminution de la diversité pourrait

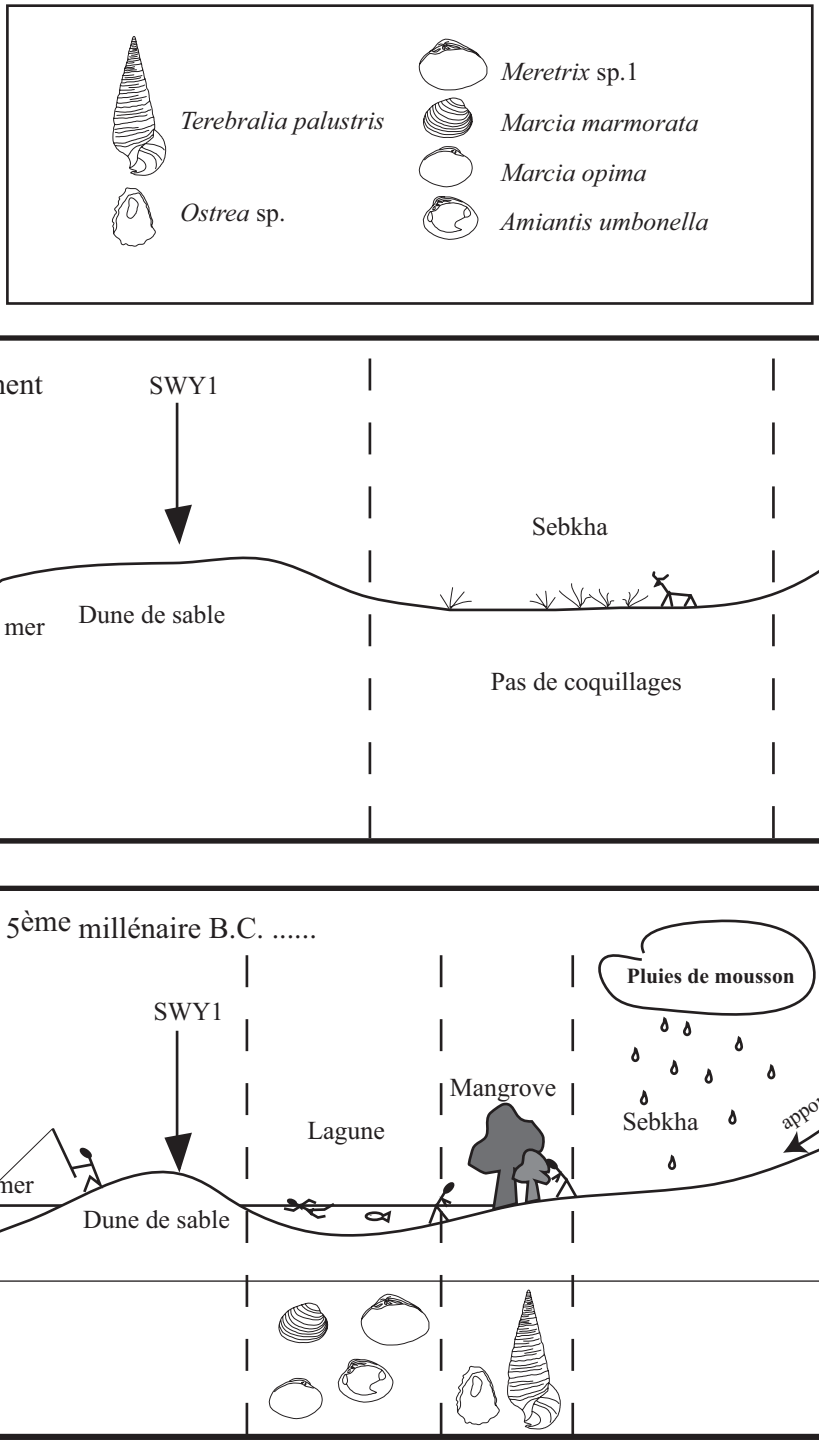


Figure 84 : Reconstitution de l'environnement :
A. actuel
B. pendant la phase 5 de SWY 1
(avec les espèces qui sont inféodées
aux différents milieux)

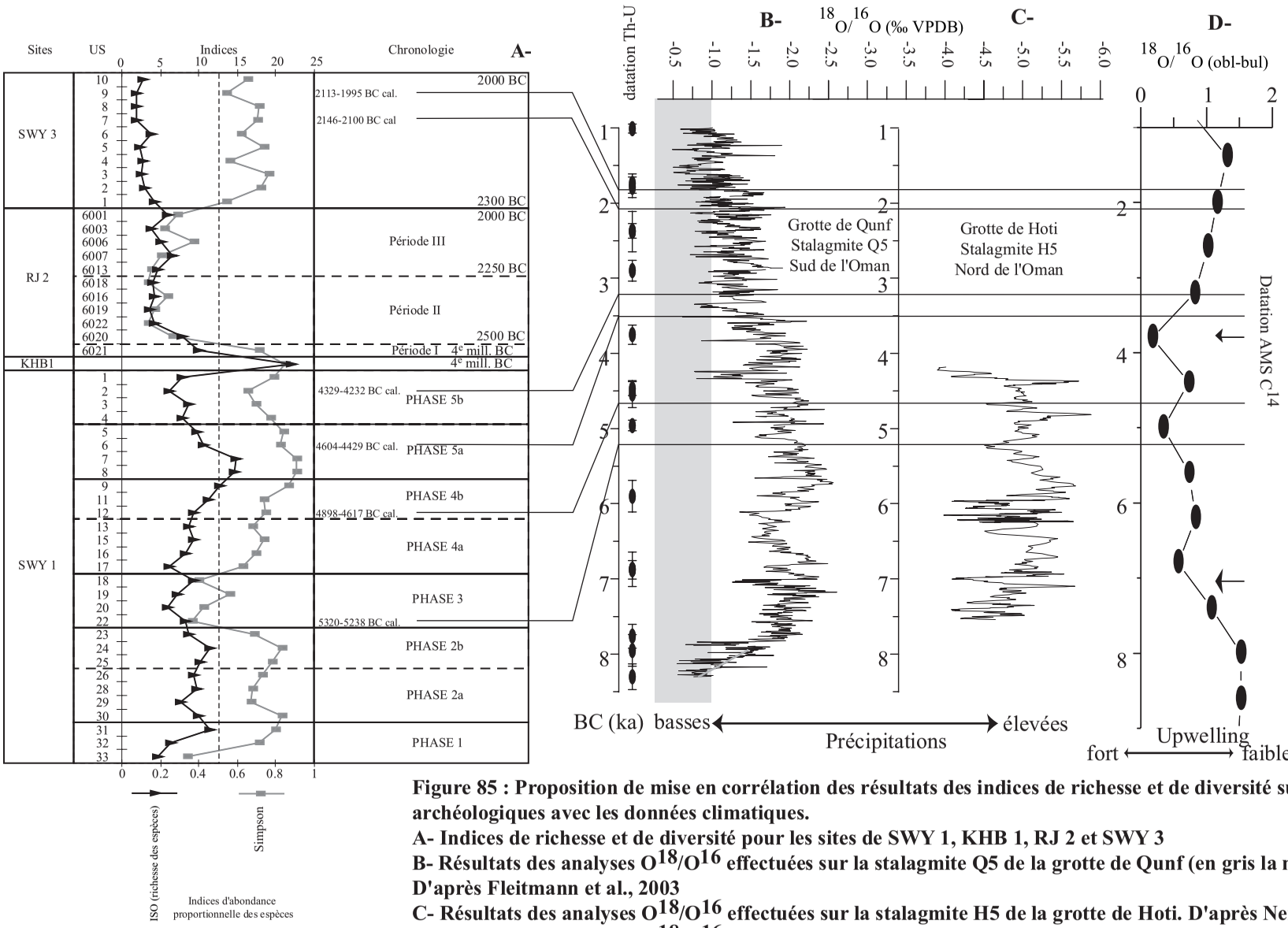


Figure 85 : Proposition de mise en corrélation des résultats des indices de richesse et de diversité sur les sites archéologiques avec les données climatiques.
A- Indices de richesse et de diversité pour les sites de SWY 1, KHB 1, RJ 2 et SWY 3
B- Résultats des analyses O^{18}/O^{16} effectuées sur la stalagmite Q5 de la grotte de Qunf (en gris la marge d'erreur). D'après Fleitmann et al., 2003
C- Résultats des analyses O^{18}/O^{16} effectuées sur la stalagmite H5 de la grotte de Hoti. D'après Neff et al., 2001
D- Résultats des analyses O^{18}/O^{16} effectuées sur la carotte marine 723A. D'après Naidu, 2004

s'expliquer par une diminution des précipitations observées vers 5000 av. J.-C. dans la stalagmite Q5,

- la phase 4, que l'on peut dater entre 5000 et 4600 av. J.-C., signale une augmentation progressive de la diversité spécifique avec la présence de plusieurs espèces provenant à la fois du milieu rocheux et de la lagune. Ce phénomène indiquerait une augmentation des précipitations visibles entre 5000 et 4500 av. J.-C. à partir des valeurs O^{18}/O^{16},
- et enfin la phase 5, pour laquelle on dispose de deux dates entre 4600 et 4300 av. J.-C., révèle une augmentation puis une progressive diminution de la diversité que l'on peut interpréter par l'apparition des taxons associés à la mangrove puis la disparition progressive de certains taxons du milieu rocheux. Ces variations sont aussi visibles entre 4500 et 4000 av. J.-C., sur la stalagmite Q5, avec l'augmentation des valeurs O^{18}/O^{16} indiquant une augmentation puis une diminution des précipitations.

Ces corrélations que nous venons de souligner entre les variations d'intensité de la mousson d'été visibles à partir de la stalagmite Q5 et les modifications des espèces collectées à SWY 1 pendant les phases 2 à 5 suggèrent une transformation de l'environnement côtier du Ja'alan avec probablement pour conséquence une modification des populations de mollusques marins. Lorsque les pluies de mousson Indienne diminuent, le spectre malacologique présente alors une richesse et une diversité plus faibles. Durant toute cette période, la collecte aurait donc été principalement tributaire des conditions environnementales.

Phase 1

Revenons à l'US 33 (phase 1), le niveau le plus ancien, à la base du site, caractérisé par de très faibles indices de richesse et de diversité. La prédominance de l'espèce *Noetiella chesneyi* s'expliquerait par une collecte spécialisée uniquement en contexte rocheux, aucune espèce de la lagune n'étant représentée. Néanmoins, ce déficit d'espèces vaseuses pourrait aussi être interprété comme la signature d'une absence de lagune au début de la séquence de SWY 1. Cette hypothèse n'est pas à exclure car les données de la stalagmite Q5, vers 6200 av. J.-C., indiquent une diminution des pluies de mousson indienne.

14.3.1.2 Le 4e millénaire av. J.-C. : KHB 1 et la période I de RJ 2

Le 4e millénaire est représenté par le site de KHB 1 (Ra's al-Khabbah) et par la période I de RJ 2 (Ra's al-Jinz). Les deux sites sont localisés dans des zones côtières très différentes. KHB 1 est situé à la limite sud de la plate-forme rocheuse qui borde une grande partie des côtes du Ja'alan, juste au sommet de cette plate-forme. Une sebkha est actuellement localisée à l'arrière du site. Le site de RJ 2, plus au Nord, est implanté sur une plage sableuse interrompant la terrasse d'abrasion marine. Il est donc entouré de falaises rocheuses avec une forte diversité et une grande richesse spécifiques.

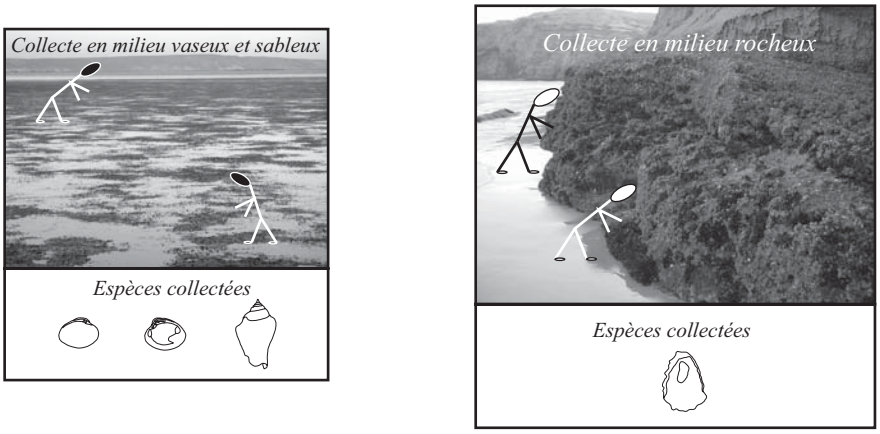
À KHB 1, 46.012 restes ont été identifiés ; ils représentent 28.079 individus répartis parmi 97 taxons. La collecte de coquillages a été effectuée en milieu vaseux principalement, avec 47% du NMI, secondairement en milieux rocheux avec 22% et sableux avec 21%. Le milieu vaseux indique la présence d'une lagune probablement à l'emplacement de l'actuelle sebkha (**Fig. 86**).

Les indices de richesse et de diversité de KHB sont très élevés (**Fig. 85**). Cette situation peut s'expliquer par la diversité des milieux exploités à KHB, elle révèle une collecte de type opportuniste et permet donc l'utilisation de ce spectre pour des interprétations environnementales. Contrairement à SWY 1, où la collecte portait sur tous les taxons (*Lunella coronata*, *Cypraea*), y compris ceux qui sont de petites tailles, à KHB 1, les espèces principales sont de grande taille (*Ostrea* sp., *Amiantis umbonella*). Cela pourrait indiquer une sélection de gros gabarits, sans qu'il y eu de véritable sélection de milieu. Il s'agirait d'une collecte « raisonnée » favorisant le rendement.

L'assemblage malacologique indique une forte diversité et une forte richesse qui pourraient correspondre avec le pic de précipitations au début du 4e millénaire av. J.-C. visible sur la stalagmite Q5 (Fleitmann *et al.*, 2003) au Sud de l'Oman (**Fig. 85**). Cette augmentation des précipitations liée à une forte influence de l'IOM a probablement eu une influence favorable sur les populations côtières de mollusques que l'on peut observer à travers la malacofaune de KHB 1. Néanmoins en l'absence de datations, il est difficile d'établir avec certitude une relation entre les deux évènements.

Pendant la période I de RJ 2, datée aussi du 4e millénaire av. J.-C., représentée par une seule US, on observe quelques différences avec KHB 1. Les espèces principales sont *Perna picta* (moules), cinq taxons de la famille des *Thaidinae* et *Saccostrea cucculata* (huîtres) qui vivent en contexte rocheux uniquement. *Perna picta* représente la moitié des restes, les autres espèces se répartissent de manière égale. La prédominance de *Perna picta* peut facilement s'expliquer par sa collecte aisée et son abondance sur les rochers qui avoisinent le site. Les

Pendant le 4e millénaire av. J.-C.



A KHB 1, une collecte aléatoire mais sur des espèces de grande taille

A RJ 2 (PI), la collecte est opportuniste mais ciblée principalement sur la moule

Figure 86 : Représentation schématique des différents milieux et espèces collectées pendant le 4e millénaire av. J.-C. Les milieux collectés sont toujours diversifiés et les espèces sont désormais de plus grande taille indiquant une préférence pour certains de ces coquillages.
(clichés C. Martin)

autres espèces (*Purpura panama*, *Balanus* sp. et *Thaidinae*) vivent à proximité des bancs de moules et ont donc été collectées en même temps. Pour ce site, le ramassage de ces coquillages devait donc s'effectuer en masse, les bancs de moules étant privilégiés, mais toutes les espèces à proximité étant aussi collectées. Les indices de richesse et de diversité sont d'ailleurs légèrement plus faibles que pour KHB 1, dans une situation comparable à la phase 4 de SWY 1 (**Fig. 84**). On observe donc un type de collecte ciblé principalement sur les espèces faciles à repérer sur les rochers et dont la collecte est aisée (**Fig. 86**). Cet assemblage ne peut donc pas être utilisé pour des interprétations environnementales mais il apporte des informations paléoethnographiques intéressantes car c'est la plus ancienne mention d'exploitation ciblée, si l'on excepte la possible spécialisation de la phase 1 de SWY 1.

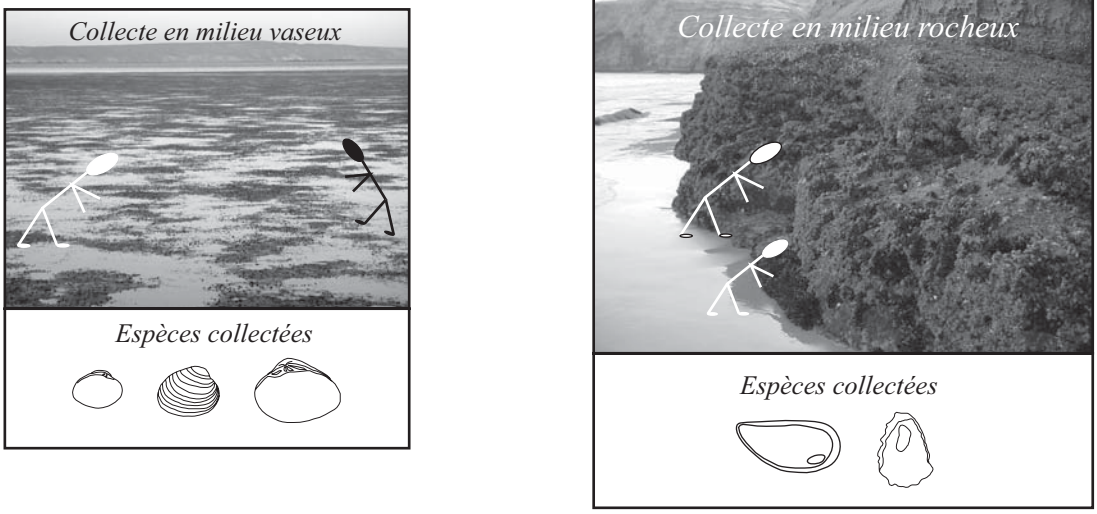
14.3.2 L'Âge du Bronze

Les données obtenues à partir des sites de l'Âge du Bronze diffèrent sensiblement de celles qui ont été obtenues pour le Néolithique. Je ne développerai ici que celles qui sont relatives aux sites pour lesquels on dispose d'une étude stratigraphique, c'est-à-dire RJ 2 et SWY 3.

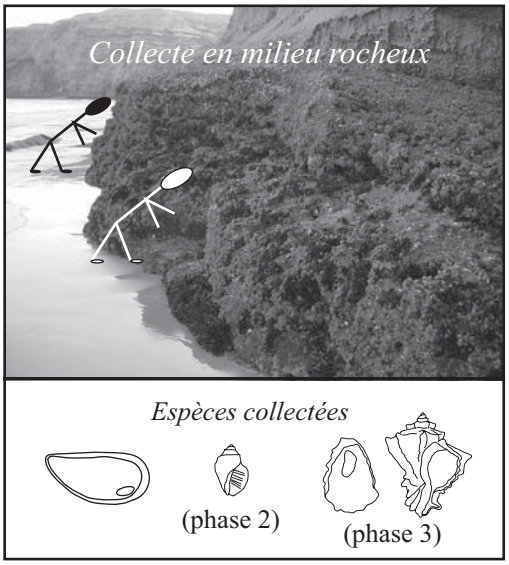
Pour RJ 2 et SWY 3, le décompte a été effectué en NR. Les deux assemblages malacologiques sont très différents l'un de l'autre du fait de leur position et de leur environnement. SWY 3 est localisé au sud du Ja'alan dans une zone sableuse, entourée d'une sebkha indiquant l'emplacement d'une ancienne lagune et d'une zone rocheuse ; les espèces collectées proviennent à la fois du milieu vaseux et du milieu rocheux. Pour RJ 2, localisé à proximité de falaises rocheuses, il s'agit uniquement d'espèces rocheuses. Cette opposition offre une bonne opportunité pour comprendre les choix de collecte de ces populations. En effet, malgré des environnements différents, l'un très diversifié pour SWY 3 et l'autre restreint à un seul milieu (rocheux), on observe des stratégies de collecte assez similaires avec un nombre limité d'espèces collectées, indiquant un ciblage des taxons ramassés pour la consommation.

À RJ 2 (phase 2 et 3), on observe deux phases de collecte, toutes deux dominées par les moules (*Perna picta*) mais différant par les espèces secondaires : la phase II est dominée par les Thaidinae et la phase III par les murex (*Hexaplex kuesterianus*) et les huîtres (*Saccostrea cucculata*). *Hexaplex kuesterianus* et *Saccostrea cucculata* sont deux espèces de grande taille et donc d'un apport alimentaire important. Leur collecte indique comme à KHB 1, une recherche de gabarits plus importants. Les indices de diversité et de richesse, tous deux très faibles, confirment ces observations (**Fig. 85).** Cette collecte est donc très spécialisée durant

Pendant l'Âge du Bronze : Période Umm an-Nar



A SWY 3, une collecte ciblée sur les espèces de grande taille



A RJ 2, la collecte est ciblée principalement sur la moule et sur les espèces de grande taille (à la phase 3)

Figure 87 : Représentation schématique des différents milieux et espèces collectées pendant l'Âge du Bronze (période Umm an-Nar).
La collecte est ciblée sur certaines espèces de grande taille.
(clichés C. Martin)

les deux phases. En outre, pendant la phase 3, il semblerait que les espèces de grande taille aient été privilégiées (**Fig. 86 et 87**).

À SWY 3, la collecte a porté principalement sur le milieu vaseux de type lagune, comme pendant la phase 5 de SWY 1, avec *Meretrix* sp.1 et *Marcia opima* et en milieu rocheux avec *Perna picta* (moules) et *Ostrea* sp. (Huître). Mais la situation est très différente de celle de SWY 1 en phase 5 : l'indice de richesse est très faible et les indices de diversité sont très élevés. On peut facilement expliquer cette opposition par le fait que ce n'est pas une mais cinq espèces qui dominent la séquence. La collecte est donc ciblée sur ces cinq bivalves collectés dans deux milieux probablement localisés à proximité du site : le milieu rocheux et la lagune.

Dans les cas de SWY 3 et RJ 2, les indices de richesse sont très bas. Ces valeurs basses s'expliquent par une collecte spécialisée. Les données obtenues ne peuvent pas être considérées comme représentatives de l'environnement. On peut proposer, pour la période Umm an-Nar, un modèle de collecte spécialisée aussi bien en ce qui concerne les milieux exploités (un pour RJ 2, deux pour SWY 3) que les taxons, avec une principale espèce pour RJ 2 et cinq pour SWY 3.

Conclusion

En conclusion, les stratégies de collecte se diversifient entre le 6^{e} millénaire av. J.-C. et l'Âge du Bronze (**Annexe 14**), on observe une diminution progressive des stratégies opportunistes :

- à SWY 1, tous les milieux sont exploités, sans grande sélection d'espèces.
- à KHB 1, tous les milieux sont exploités mais les individus de grande taille sont privilégiés.
- À SWY 3, la collecte paraît ciblée sur cinq bivalves provenant de deux milieux.
- à Ra's al-Jinz, c'est un milieu qui est favorisé et non une espèce particulière.

Tout ces stratégies amènent à un questionnement : le choix de l'emplacement des sites serait-il lié aux ressources alimentaires disponibles à proximité ? La base du site de SWY 1 (US 33), directement installé sur la roche apporte peut être un début de réponse. C'est le niveau d'occupation le plus ancien pour un site côtier dans le Ja'alan. Ce niveau ne comporte aucun reste d'espèces de zone lagunaire avec seulement l'espèce rocheuse *Noetiella chesneyi*.

14.4 Saisonnalité des collectes

SWY 1 est un site d'habitat généralement considéré comme saisonnier car il dispose de structures d'habitat peu développées composées de constructions rondes de petit diamètre avec plusieurs trous de poteaux (Cleuziou et Tosi, 1997). À partir des données sclérochronologiques des opercules de *Lunella coronata* pour l'US 12, j'ai cherché à savoir si la collecte de cette espèce avait été saisonnière. Les résultats obtenus suggèrent une collecte préférentielle en hiver, entre janvier et mars dans le cas où n'y aurait eu qu'un seul pic de température, et entre décembre et janvier s'il y en avait deux. Ces informations sont donc directement dépendantes de notre connaissance des données climatiques de cette zone et plus particulièrement des données sur les températures marines côtières de surface. Ces dernières confirment l'existence d'une limite plus nordique de la zone d'influence de l'IOM, avec un upwelling fort entre 6000 et 4000 av. J.-C. (Naidu, 2004). Ces informations correspondent à la présence de deux pics de températures ce qui permettrait d'opter pour une collecte entre décembre et janvier. Quoi qu'il en soit, on peut affirmer que l'activité de collecte était saisonnière, au moins pour l'US 12 de SWY 1.

Une incertitude porte sur la durée de vie larvaire de *Lunella coronata* que j'ai choisie de fixer à un mois à partir des données disponibles sur une autre espèce du même genre. De plus, l'échantillon étudié est très faible. Sur les 40 opercules analysés, seulement 26 sont utilisables et uniquement pour l'US 12 du site. Cette étude demande donc à être étendue aux autres US et confortée par la constitution d'un référentiel actuel de *Lunella coronata*. Le principal apport de ce travail est avant tout de montrer tout le potentiel informatif de ces opercules. Malgré ces faiblesses, une collecte hivernale confirme les hypothèses archéologiques proposées par Cleuziou et Tosi (1997). De plus, Lancaster et Lancaster (1990) ont montré que, de nos jours, les populations d'Oman ont pour habitude de vivre en oasis pendant la période chaude à cause de la mousson d'été qui rend la vie en bord de mer difficile et la navigation impossible à cause des vents forts. L'autre partie de l'année, en hiver, ces populations vivent en bord de mer (**Tab. 31**). Les sites côtiers étant composés en grande partie de restes de poissons, la pêche devait être effectuée pendant les périodes où la navigation était possible, c'est-à-dire pendant l'hiver si l'on utilise les données actuelles de températures marines. Une collecte de coquillages pendant les mois d'hiver concorderait avec ces informations.

Mois	Lieu	Activité
Janvier à février	Ra's al-Jinz	Pêche à la sardine
Mars à Juin	Ra's al-Hadd	Pêche en mer
Juin à Septembre	Bani Bu Ali (oasis)	Collecte des dattes
Octobre à Novembre	Ra's al-Hadd	Pêche en mer
Novembre à Décembre	Ra's al-Jinz	Pêche en mer

Tableau 31 : Répartition des activités des populations omanaises en fonction des périodes de l'année (d'après Lancaster, 1988)

14.5 Modifications environnementales ou pressions de collecte ? Le cas de SWY 1

SWY 1 présente de nombreux avantages pour une étude sur l'évolution de l'environnement. L'occupation, entre le 6e et le 5e millénaire av. J.-C., est lisible sur 29 US. Une grande partie de ce matériel a été rapportée en France pour étude, permettant ainsi d'obtenir des données métriques sur certaines coquilles. J'ai ainsi pu mesurer les valves gauches de *Marcia marmorata* afin de rechercher une éventuelle corrélation entre l'augmentation de la collecte humaine et une diminution de la taille des valves. Le diamètre des opercules de *Lunella coronata* a aussi été mesuré dans le même but.

À partir des mesures sur les valves de *Marcia marmorata,* j'observe une diminution de la taille à la fin de la phase 3, suivie d'une augmentation à l'US 12, juste avant la diminution de l'effectif. On peut expliquer ce phénomène par une baisse de la reproduction, occasionnée par des conditions écologiques défavorables, telles que l'augmentation de l'apport d'eau douce, engendrant la disparition progressive de l'espèce. Cette explication confirmerait les observations effectuées à partir du diagramme malacologique indiquant un climat plus tropical avec une forte humidité.

Les causes des variations de diamètre des opercules sont beaucoup plus difficiles à expliquer. *Lunella coronata* vit en milieu rocheux et est donc peu influencée par l'apport d'eau douce. On peut donc proposer différentes explications aussi bien liées à la surexploitation qu'aux conditions écologiques. La possibilité d'une surexploitation est envisageable puisque cette espèce est collectée pendant toute la séquence. L'augmentation de la collecte humaine semble étroitement corrélée, pour les phases 4 et 5, avec la diminution du diamètre des opercules, ce qui tendrait à confirmer cette hypothèse. Ces résultats sont toutefois à considérer avec prudence au sein de l'US 3, l'augmentation du diamètre des opercules pourrait être liée à des conditions écologiques particulièrement favorables à cette espèce.

CONCLUSION GENERALE

L'étude des assemblages malacologiques a permis d'observer différents phénomènes :

- La collecte d'abord opportuniste pendant le Néolithique à SWY 1 semble progressivement se spécialiser à KHB 1 en ciblant les individus de grande taille, puis un milieu ou une à plusieurs espèces (RJ 1 et 2 et SWY 3).
- Une surexploitation par l'homme de certaines espèces est visible à partir des données biométriques obtenues pour les opercules de *Lunella coronata* de SWY 1.
- Une collecte saisonnière de l'espèce *Lunella coronata* effectuée pendant les mois d'hiver.
- À partir des sites où la collecte était opportuniste (SWY 1 et KHB 1), j'ai pu mettre en évidence la présence de milieux particuliers (mangrove, lagune), actuellement absents de la côte omanaise et qui pourraient confirmer l'existence d'une transgression marine pendant l'occupation du site de SWY 1.
- Ces différents milieux présentent des variations qui semblent correspondre avec les données paléoclimatiques (Fleitmann *et al.*, 2003 ; Naidu, 2004) et paléoenvironnementales (Lézine *et al.*, 2002) préexistantes. J'ai ainsi pu observer, à partir des données malacologiques, les variations paléoenvironnementales mentionnées par ces auteurs ainsi que la présence de la lagune dès 5320-5238 av. J.-C. cal.

Au Néolithique (6e et 4e millénaire av. J.-C.) :

L'US 33 de SWY 1 révèle une faible diversité et richesse des ressources marines qui pourraient correspondre à une période d'absence de la lagune. Par la suite, cette diversité augmente et les stratégies de collecte indiquent un ramassage opportuniste reflétant bien l'environnement à proximité du site (SWY 1 et KHB 1). Malgré l'absence de la lagune, les côtes du Ja'alan ont été attractives pour les populations néolithiques. **La raison principale d'implantation en bord de mer pourrait donc être les ressources marines et en partie les mollusques marins.**

La présence d'upwellings très forts en été et de fortes précipitations a probablement obligé ces populations à s'éloigner des côtes rendues inhospitalières pendant toute la durée de la mousson d'été. Ce phénomène a contraint les occupants des sites côtiers à la mobilité comme semble l'attester l'étude sclérochronologique des opercules.

À l'Âge du Bronze :

On observe une diminution progressive de la consommation de mollusques marins et des stratégies de collecte de plus en plus ciblées. Les restes de caprinés sont de plus en plus importants et la culture du palmier-dattier est attestée. Ces modifications du régime alimentaire s'accompagnent d'une intensification des échanges commerciaux avec l'Iran et la civilisation de l'Indus.

Les choix d'installation en bord de mer sont essentiellement motivés par les échanges commerciaux avec l'Iran et l'Inde. L'élevage est attesté (Bökönyi, 1992 ; 1993 ; 1998). La pêche est plus spécialisée notamment à RJ 2 avec la présence d'un grand nombre de restes de thons (*Thunnus albaceras*). La culture des oasis se développe avec des échanges avec les sites côtiers, engendrant un fonctionnement « sites côtiers/oasis » proche de l'actuel.

Au Néolithique, l'environnement a donc joué un rôle important dans le choix d'implantation des sites et dans l'approvisionnement en nourriture de ces populations côtières. À l'Âge du Bronze, les sites se sont positionnés en fonction des zones stratégiques pour le commerce. La collecte de coquillages a joué un rôle moins important dans l'alimentation avec le développement de l'élevage et de la culture du palmier-dattier. Pourtant le fonctionnement de ces sites est vraisemblablement resté saisonnier, en relation avec les sites en oasis.

Perspectives d'élargissement vers d'autres méthodes et problématiques…

Vers un développement isotopique et sclérochronologique….

Les données obtenues pendant le travail de thèse complétées par les récentes découvertes paléoenvironnementales (Neff *et al.*, 2001 ; Lézine *et al.*, 2002 ; Fleitmann *et al.*, 2003 ; Naidu, 2004) permettent de saisir les effets des variations environnementales le long de la côte du Ja'alan pendant l'optimum holocène. Plusieurs questions ont été posées, notamment sur l'impact de la mousson d'hiver et de la mousson d'été. Pour répondre à ces questions, il est possible d'effectuer des analyses isotopiques ($^{18}O/^{16}O$) sur des coquilles permettant de déterminer les variations de températures marines.

Une étude sclérochronologique couplée à une étude isotopique ($^{18}O/^{16}O$) effectuée sur l'espèce *Amiantis umbonella*, sur le site de Suwayh 1, permettrait d'obtenir des informations sur les températures marines entre le 6^{e} et le 4^{e} millénaire av. J.-C..

Elargir le champ d'étude…

Le développement de ce travail sur d'autres sites archéologiques côtiers omanais mais aussi sur des sites aux EAU ou en Iran, complèterait les informations obtenues et permettrait de développer certaines problématiques :

- les variations climatiques le long de la côte omanaise et l'importance des moussons et des upwellings (variations du niveau de la mer, des températures marines) ;

- l'impact de ces variations sur l'environnement côtier et sur les populations de mollusques marins c'est-à-dire la mise en corrélation des variations climatiques et des modifications du spectre malacologique.

- l'étude de la collecte et de la consommation des mollusques marins par l'homme, afin de vérifier l'existence de choix saisonniers.

Développer les informations écologiques et ethnologiques…

Pour ce travail, seuls les aspects alimentaires et environnementaux ont été étudiés, néanmoins, certaines données liées aux méthodes de collecte et de cuisson n'ont pu être abordées fautes de temps. Une étude ethnologique effectuée sur des populations côtières actuelles consommatrices de mollusques marins permettrait de palier à cette lacune.

L'étape de l'identification a aussi mis en évidence de nombreuses incertitudes sur l'écologie des espèces malacologiques. Sans accomplir de véritables études sur l'écologie de ces espèces, il serait primordial de réaliser de simples observations de terrain et une collecte systématique afin d'établir une base de données précise sur les espèces de coquillages et leur écologie.

Développer les informations sur l'alimentation…

Ce travail a mis en évidence les lacunes existant dans le domaine de l'étude sur l'alimentation des sites côtiers. Il n'a en effet pas été possible de déterminer l'importance et le rôle des coquillages dans l'alimentation humaine. Une étude complémentaire portant non seulement sur les mollusques marins mais aussi sur les restes de poissons permettrait d'appréhender et de mieux comprendre l'importance des ressources marines.

BIBLIOGRAPHIE

Abraham, K. C. 1953. Observations on *Meretrix casta*. *Journal of the Zoological Society of India* 5: 163-190.

Balaparameswara, M. et Sukumar, R. V. 1979. Distribution, zonation and habits of a tropical mud snail *Cerithidea cingulata* (Gmelin) (Mollusca: Gastropoda). *Malacologia* 18: 553-558.

Balasubramanyan, K. 1960. Studies in the Ecology of the Vellar Estuary : I. A preliminary Survey of the Estuarine Bottom and its Fauna conducted on 11-9-59. *Journal of the Zoological Society of India* 12: 209-215.

—. 1984. Studies on Meretrix casta (Chemnitz) (Mollusca: Bivalvia: Veneridae) from the Vellar estuary, Porto Novo (S. India), Annamalai University.

Bar-Yosef, D. 1997. Neolithic shell bead production in Sinai. *Journal of Archaeological science* 24: 97-111.

Beech, M. 2000. "Preliminary report on the faunal remains from an Ubaid settlement on Dalma Island, United Arab Emirates". *In*: Mashkour, M., Choyke, A.-M., Buitenhuis, H. et Poplin, F. (eds), *Archaeozoology of the Near East IV*, vol. 32. pp. 68-78. Groningen: ARC.

—. 2003. Fishing in the Ubaid: a review of Fish-bone Assemblages from Early Prehistoric Coastal Settlements in the Arabian Gulf. *The Journal of Oman studies* 12: 25-40.

Bell, L. J. 1992. Reproduction and larval development of the West Indian topshell, *Cittarium pica* (Trochidae), in the Bahamas. *Bulletin of Marine Science* 51: 250-266.

Bernier, P., Dalongeville, R., Dupuis, B. et De Medwecki, V. 1995. Holocene shoreline variations in the Persian Gulf: Exemple of the Umm al-Qowayn lagoon (UAE). *Quaternary International* 29/30: 95-103.

Biagi, P. et Nisbet, R. 1999. The shell-midden sites of RH5 and RH6 (Muscat, Sultante of Oman) in their environmental setting. *Archaeologia Polona* 37.

Bird, D. W. et Richardson, J. R. 2002. Explaining Shellfish Variability in Midden on the Meriam Islands, Torres Strait, Australia. *Journal of archaeological science* 29: 457-469.

Blanchet, G., Sanlaville, P. et Traboulsi, M. 1998. Le Moyen-Orient de 20 000 ans BP à 6 000 ans BP : Essai de reconstitution Paléoclimatique. *Paléorient* 23: 187-196.

Blasco, F., Saenger, P. et Janodet, E. 1996. Mangroves as indicators of coastal change. *Catena* 27: 167-178.

Böhm, E., Morrison, J. M., Manghnani, V. et Flagg, C. 1999. The Ras al Hadd Jet: Remotely sensed and acoustic Doppler current profiler observations in 1994-1995. *Deep-Sea Research II* 46: 1531-1549.

Bökönyi, S. 1992. "Preliminary Information on the Faunal Remains from Excavations at Ra's al-Junayz (Oman)". *In*: Jarrige, C. (eds), *South Asian Archaeology 1989*. pp. 45-48. Paris.

—. 1993. "Animal husbandry, hunting and fishing in the Ra's al-Junayz area: a basis of the Human subsistence". *In*: Buitenhuis, H. et Clason, A. T. (eds), *Archaeology of the Near East*, vol. III. pp. 95-102. Leiden: ICAZ.

—. 1998. "Animal Husbandry, Hunting and Fishing in the Ra's al-Junayz area : A basis of the Human Subsistence". *In*: Buitenhuis, H. et Uerpmann, H. P. (eds), *Archaeozoology of the Near East II. Proceedings of the second international symposium on the archaeozoology of soutwestern Asia and adjacent areas*. pp. 95-102. Leiden: Backhuys Publishers.

Bond, G., Kromer, B., Beer, J., Muscheler, R., Evans, M. N., Showers, W., Hoffmann, S., Lotti-Bond, R., Hajdas, I. et Bonani, G. 2001. Persistent solar influence on North Atlantic climate during the Holocene. *Science* 294: 2130-2136.

Bond, G., Showers, W., Cheseby, M., Lotti, R., Almasi, P., Demenocal, P., Priore, P., Cullen, H., Hajdas, I. et Bonani, G. 1997. A Pervasive Millennial-Scale Cycle in North Atlantic Holocene and Glacial Climates. *Science* 278: 1257-1266.

Bosch, D. T., Dance, S. P., Moolenbeek, R. G. et Oliver, P. G. 1995. *Seashells of Eastern Arabia*, Dance, S. P. edition. London: Motivate publishing.

Bouchet, H., Lozouet, P., Maestrati, P. et Heros, V. 2002. Assessing the magnitude of species richness in tropical marine environments: exceptionally hight numbers of molluscs at a New Caledonia site-. *BiologicalJournal of the Linnean Society* 75: 421-436.

Bouchet, P. 1977. Distribution des mollusques dans les mangroves du sénégal. *Malacologia* 16: 67-74.

Bouniol, P. 1982. L'ornementation pigmentaire des coquilles de Cerithidés actuels et fossiles (S.L.); apport de la technique de l'ultra-violet. *Malacologia* 22: 313-317.

Brown, D. S. et Gallagher, M. D. 1985. Freshwater snails of Oman, South Eastern Arabia. *Hydrobiologia* 127: 125-149.

Brown, D. S. et Wright, C. A. 1980. Molluscs of Saudi Arabia : freshwater Molluscs. *Fauna of Saudi Arabia* 2: 341-367.

Charpentier, V. 1994. "A specialized production at regional scale in Bronze Age Arabia: shell rings from Ra's al-Junayz area (sultanate of Oman)". *In*:*South Asian Archaeology 1993*, vol. 1. pp. 157-170. Helsinki.

—. 1996. "Archaeology of the Erythraean sea: craft specialization and ressources optimization as part of the coastal economy on eastern coastlands of Oman during the 4th and 3rd millennia BC." *The prehistory of Asia and Oceania, Forli, 1996*, pp. 181-192.

—. 2000. *Excavations at Khor Bani Bu Ali, SWY 1* (Rapport à diffusion interne).

—. 2001. Les industries lithiques de Ra's al-Hadd. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 31: 31-45.

—. 2002. "Archéologie de la côte des ichtyophages coquilles, squales et cétacés du site IVème et IIème millénaire de Ra's al-Jins". *In*: Cleuziou, S., Tosi, S. et Zarins, J. (eds), *Arabia antiqua III : Protohistoric countries of arabia*. Rome: IsMEO.

—. sous presse-b. "Artisanats néolithique et de l'âge du Bronze en arabie orientale : coquille et coquillages de la péninsule d'Oman". *In*: Coqueugniot (eds), *Geste, outils et produits artisanaux: artisants et notion d'artisanat au Proche-Orient*. Lyon: Mémoires et travaux de la maison de l'Orient.

Charpentier, V., Angelucci, D. E., Méry, S. et Saliège, J.-F. 2000. Autour de la mangrove morte de Suwayh, l'habitat VIe-Ve millénaire de Suwayh SWY-11, Sultanat d'Oman. *Proceedings of the Seminar for Arabian StudiesProceedings of the Seminar for Arabian Studies* 30: 69-85.

Charpentier, V., Cremaschi, M. et Demnard, F. 1997. Une campagne archéologique sur un site côtier du Ja'alan: Al-Haddah (BJD-1) et sa culture matérielle (Sultanat d'Oman). *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 27: 99-111.

Charpentier, V., Marquis, P. et Pellé, E. 2003. La nécropole et les derniers horizons Ve millénaire du site de Gorbat al-Mahar (Suwayh, SWY1, Sultanat d'Oman) : premiers résultats. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 33: 11-19.

Charpentier, V. et Méry, S. 1997. Hameçons en nacre et limes en pierre d'Océanie et d'Océan Indien. *Journal de la société des Océanistes* 2: 147-156.

Charpentier, V., Méry, S. et Phillips, C. 2004. Des coquillages...outillages des Ichtyophages ? Mise en évidence d'industries sur Veneridae, du Néolithique à l'Âge du Fer (Yémen, Oman, E.A.U.). *Arabian Archaeology and Epigraphy* 15: 1.

Chenorkian, R. 1990. "Conservation en milieu coquillier et reconstitution des diètes préhistoriques". *In*: Cnrs (eds), *Travaux du laboratoire d'Anthropologie et de préhistoire des Pays de la Méditerranée Occidentale CNRS*. pp. 133-151. Aix en Provence: Université de Provence.

—. 1996. *Pratique archéologique statistique et graphique*, Errance et Adam edition. Paris: Errance et Adam.

Chesney, H. C. G. et Oliver, P. G. 1994. Taxonomy of arabian bivalves Part 2. A new species of *Semele* (Bivalvia: Tellinoidea). *Journal of Conchology* 35: 33-36.

Claassen, C. 1998. *Shells*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cleuziou, S. 2002. "Présence et mise en scène des morts à l'usage des vivants dans les communautés protohistoriques : l'exemple de la péninsule d'Oman à l'âge du bronze ancien". *In*: Molinos, M. et Zifferero, A. (eds), *Primi Populi d'Europa*. pp. 17-31. Forli.

Cleuziou, S. et Tosi, M. 1997. Hommes, climats et environnements de la péninsule Arabique à l'Holocène. *Paléorient* 23: 121-135.

—. 2000. Ra's al-Jinz and the Prehistoric Coastal Cultures of the Ja'alan. *Journal of Oman Studies* 11: 19-73.

Conte, E. 1986. *Techniques de cuisson et de conservation de la nourriture aux Tuamotu*. Punaauia-Tahiti: Département d'archéologie.

Costantini, L. et Audisio, P. 2001. Plant and Insect remains from the Bronze Age site of ra's al-Jinz (RJ2), Sultanate of Oman. *Paléorient* 26: 143-156.

Dalongeville, R. et Prieur, A. 1998. "Les variations récentes de la ligne de rivage sur le littoral oriental (Océan Indien) des émirats arabes unis". *In*: Camps, G. (eds), *L'Homme préhistorique et la mer, 120° congrès CTHS*. pp. 115-125. Aix en Provence.

Dalongeville, R., Prieur, A. et Bernier, P. 1998. "Une lagune et des hommes dans le désert: évolution littorale et habitats côtiers à Umm al-Qowayn (EAU)". *In*: Camps, G. (eds), *L'Homme préhistorique et la mer, 120° congrès CTHS*. pp. 297-306. Aix en Provence.

Dalongeville, R. et Sanlaville, P. 1987. "Confrontation des datations isotopiques avec les données géomorphologiques et archéologiques à propos des variations relatives du niveau marin sur la rive arabe du Golfe Persique". *In*: Aurenche, O., Evin, J. et Hours, F. (eds), *Chronologies in the Near East*. pp. 567-583: BAR International Series.

Dansgaard, W., Johnsen, S. J., Clausen, H. B., Dahl-Jensen, D., Gundestrup, N. S., Hammer, C. U., Hvidberg, C. S., Steffensen, J. P., Sveinbjernsdottir, A. E., Jouzel, J. et Bond, G. 1993. Evidence for general instability of past climate from a 250-kyr ice-core record. *Nature* 364: 218-220.

Deith, M. D. 1983. "Seasonality of Shell Collecting, Determined by Oxygen Isotope Analysis of Marine Shells from Asturian sites in Cantabria". *In*: Grigson, C. et Clutton-Brock, J. (eds), *Animals and Archaeology : 2- Shell Middens, Fisches and Birds*, vol. 183. pp. 67-76. Oxford: BAR International Series.

Deith, M. R. 1983. Molluscan Calendars; The Use of Growth-line Analysis to Establish Seasonality of Shellfish Collection at the Mesolithic Site of Morton, Fife. *Journal of archaeological Science* 10: 423-440.

Dekker, H., Moolenbeek, R. G. et Dance, P. 1992. *Turbo jonathani*, a new turbinid species from the southern coast of Oman (Gastropoda: Turbinidae). *Journal of Conchology* 34: 225-229.

Desse, J. 1988. "Khor "P", Khor "F.B." et "Shagra" les faunes. Le rôle de la pêche." *In*: Inizan, M.-L. (eds), *Préhistoire à Qatar*, vol. 2. pp. 157-165 et 225-226. Paris: Editions Recherche sur les Civilisations.

Desse, J. et Desse-Berset, N. 2004. "Découverte de chitons (Polyplacophores) sur les sites archéologiques de la côte des Ichthyophages (Makran, Bélouchistan pakistanais)". *In*: Brugal, J.-P. et Desse, J. (eds), *Petits animaux et sociétés humaines. Du complément alimentaire aux ressources utilitaires. XXIVe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes*. pp. 59-64. Antibes: APDGA.

Dodd, R. S., Blasco, F., Rafii, Z. A. et Torquebiau, E. 1999. Mangroves of the United Arab Emirates: ecotypic diversity in cuticular waxes at the bioclimatic extreme. *Aquatic Botany* 63: 291-304.

Dong, Z. 1997. Mixture Analysis and its Preliminary Application in Archaeology. *Journal of Archaeological Science* 24: 141-161.

Dorvlo, A. S. S. et Ampratwum, D. B. 1998. Summary climatic data for solar technology development in Oman. *Renewable Energy* 1: 255-262.

—. 1999. Modelling of weather data for Oman. *Renewable Energy* 17: 421-428.

Dupont, C. 2003. La malacofaune de sites mésolithiques et néolithiques de la façade atlantique de la France : contribution à l'économie et à l'identité culturelle des groupes concernés. Anthropologie-Ethnologie-Préhistoire, Université de Paris 1- Panthéon - Sorbonne.

Dupont, C. et Gruet, Y. 2000. Variations morphologiques de mollusques gastéropodes (*Nucella lapillus et Hinia reticulata*) : Intérêts pour l'archéologie. *Revue d'archéométrie* 24: 53-61.

Durante, S. et Tosi, M. 1977. The Aceramic Shell Middens of Ra's al-Hamra: a Preliminary Note. *Journal of Oman Studies* 3: 137-162.

Ellison, J. 2001. "Possible Impacts of Predicted Sea-Level Rise on South pacific Mangroves". *In*: Noye, B.-J. et Grzechnik, M. P. (eds), *Sea-Level Changes and their Effects*. pp. 49-72: World Scientific Publishing Co.

El-Mahi, A. T. 1999. Mollusc harvesting along the coasts of Oman a supplementary diet. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 29: 45-53.

Fedele, F. G. 1990. "Man, land and climate: Emerging interactions from the Holocene of the Yemen Highlands". *In*: Botterna, E.-N. V. Z. (eds), *Man's Role in the Shaping of the Eastern Mediterranean Landscape*. pp. 31-42. Rotterdam.

Fleitmann, D., Burns, S. J., Mudelsee, M., Neff, U., Kramers, J., Mangini, A. et Matter, A. 2003. Holocene forcing of the Indian Monsoon Recorded in a Stalagmite from Southern Oman. *Science* 300: 1737-1739.

Fuse, T. 1993. Annual cycle of reproduction in a turban snail, *Lunella granulata*, at Chinen, Okinawa. *Galaxea* 11: 135-142.

Ghazanfar, S. A. et Fisher, M. Editors. 1998. *Vegetation of the Arabian Peninsula*. *Geobotany 25*. London: Kluwer Academic.

Giannitrapani, E. 1999. *Excavations at Ra's al-Khabbah, KHB1* (Rapport à diffusion interne).
—. 2000. *Excavations at Ra's al-Khabahh* (Rapport à diffusion interne).

Grassé, P. P. Editor. 1968. *Traité de zoologie*. Vol. Tome V (III) Mollusques gastéropodes et scaphopodes. Paris.

Hassan, A. K. 1995a. Numerical analysis of changes in the bivalved mollusc fauna along the saudi intertidal zone of the arabian gulf. *Bulletin of the National Institute of Oceanography and fishery* 21: 413-437.

—. 1995b. Spatial distribution and seasonal variation of the gastropod mollusc species along the saudi intertidal zone of the arabian gulf. *Bulletin of the National Institute of Oceanography and fishery* 21: 293-311.

Healey, C. 1990. *Marine hunters and traders : Production and Exchange in the Papua New Guinea Highlands*. Cambridge: Cambridge UP

Heinrich, H. 1988. Origin and consequences of cyclic ice rafting in the Northeast Atlantic Ocean during the past 130,000 years. *Quaternary Research* 29: 142-152.

Houbrick, R. S. 1991. Systematic review and functional morphology of the mangrove snails *Terebralia* and *Telescopium* (Potamididae; Prosobranchia). *Malacologia* 33: 289-338.

Houssay, F. 1884. Recherches sur l'opercule et les glandes du pied des gastéropodes. Sciences naturelles, Faculté des sciences de Paris.

Irwin, G. 1985. *The Emergence of Mailu*. Canberra.

Jensen, P. D., Christensen, J. T. et Macintosh, D. J. 1999. Growth and survival in the mangrove snail *Littoraria intermedia* (Philippi, 1846). *Phuket Marine Biological Center Special Publication* 19: 69-73.

Johnstone, I. M. 1983. Succession in zoned mangrove communities: where is the climax? *Tasks for vegetation science* 18: 131-139.

Jones, D. S. et Quitmyer, I. R. 1996. Marking Time with Bivalve Shells: Oxygen Isotopes and Season of Annual Increment Formation. *PALAIOS* 11: 340-346.

Karali, L. 1999. *Shells in Aegean Prehistory*. Vol. 761. Oxford: BAR international Series.

Killingley, J. S. 1981. Seasonality of Mollusk Collecting Determined from O-18 Profiles of Midden Shells. *American Antiquity* 46: 152-158.

Koike, H. 1972. Estimation of seasonality in shell collecting activities among the Jomon people by means of growth line counting, University of Tokyo.

—. 1975. "The Use of Daily and Annual Growth Lines of the Clam *Meretrix lusoria* in Estimating Seasons of Jomon Period Shell Gathering". *In*: Suggate, R. P. et Cresswell, M. M. (eds), *Quaternary Studies*. pp. 189-199. Wellington: The Royal Society of New Zealand.

—. 1979. Seasonal Dating and the Valve-pairing Technique in Shell-midden Analysis. *Journal of archaeological Science* 6: 63-74.

—. 1980. *Seasonal dating by growth-line counting of the Clam, Meretrix lusoria*. Tokyo: University of Tokyo Press.

Kurihara, T., Kosuge, T., Kobayashi, M., Katoh, M. et Mito, K.-I. 2001. Spatial and temporal fluctuations in densities of gastropods and bivalves on subtropical cobbled shores. *Bulletin of Marine Science* 68: 409-426.

Lambeck, K. 1996. Shoreline reconstructions for the Persian Gulf since the last placial maximum. *Earth and Planetry Science Letters* 142: 43-57.

Lancaster, W. et Lancaster, F. 1990. *Anthropological survey at Ra's al-Junayz : a first preliminary report,* (Rapport à diffusion interne).

Lebigre, J.-M. 1999. Natural spatial dynamics of mangals throught their margins: diagnostic elements. *Hydrobiologia* 413: 103-113.

Lee, C. M., Jones, B. H., Brink, K. H. et Fischer, A. S. 2000. The upper-ocean response to monsoonal forcing in the Arabian Sea: seasonal and spatial variability. *Deep-Sea Research II* 47: 1177-1226.

Lee, J. H. 2000. Sexual Maturation of the Turban Shell, *Lunella coronata coreensis* (Gastropoda: Turbinidae), on the West Coast of Korea. *Journal of Korean Fisheries Society* 33: 533-540.

Levitus, S. 1982. *Climatological Atlas of the World Ocean*. Princeton: US Government Printing Office.

Lézine, A.-M., Saliège, J.-F., Mathieu, R., Tagliatela, T.-L., Méry, S., Charpentier, V. et Cleuziou, S. 2002. Mangrove of Oman during the Late Holocene: Climatic

Implications and Impact on Human Settlements. *Vegetation history and palaeobotany* 11.

Mannino, M., Spiro, B. et Thomas, K. D. 2003. Sampling shells for seasonality: oxygen isotope analysis on shell carbonates of the inter-tidal gastropod Monodonta lineata (da Costa) from populations across its modern range and from a Mesolithic site in southern Britain. *Journal of archaeological science* 30: 667-679.

Martin, C. 2000. Etude diagnostique de la malacofaune marine du site de Ra's al-Jinz 2 (Sultanat d'Oman). Evolution de la collecte et zones d'approvisionnement. Mémoire de DEA "Environnement et Archéologie", Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.

Martin, C. et Cleuziou, S. 2003. L'exploitation de coquillages sur le site de RJ2 à Ra's al-Jinz (Sultanat d'Oman, Néolithique et Âge du Bronze). *Paléorient* 29: 135-142.

Martin, S. 2004. Caractérisation de l'anthropisation à l'Holocène en Provence et en Languedoc oriental par les mollusques terrestres. Thèse de doctorat, Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.

Masry, A. H. 1974. *Prehistory in Northeastern Arabia: the problem of interregional interaction. Field Research Projects*. Florida.

Mccain, J.-C. 1984a. Marine Ecology of saudi Arabia : The Intertidal Infauna of Sand Beaches in the Northern Area, Arabian Gulf, Saudi Arabia. *Fauna of Saudi Arabia* 6: 53-78.

—. 1984b. Marine Ecology of saudi Arabia : The nearshore, Soft-bottom Benthic Communities of the Northern Are, Arabian Gulf, Saudi Arabia. *Fauna of Saudi Arabia* 6: 79-101.

Meehan, B. 1977. "Man does not live by calories alone: the role of shellfish in coastal cuisine". *In*: Golson, J. A. et Jones, R. (eds), *Sunda and Sahul*. pp. 492-531. London: Academic Press.

—. 1982. *Shell bed to shell midden*. Camberra: Australian Institute of Aboriginal Studies.

—. 1983. "A Matter of Choice? Some Thoughts on Shell Gathering Strategies in Northern Australia". *In*: Grigson, C. et Clutton-Brock, J. (eds), *Animals and Archaeiology 2- Shell Midden, Fishes and Birds*. Oxford: B.A.R.

—. 1988. "The dinnertime camp". *In*: Meehan, B. A. J., R. (eds), *Archaeology with ethnography : an Australian Perspective*. Canberra.

Méry, S. 2000. *Les céramiques d'Oman et l'Asie Moyenne : Une archéologie des échanges à l'âge du Bronze*. Paris: CNRS.

Méry, S. et Charpentier, V. 2003. Around Suwayh, Ja'alan: a summary of some recent Discoveries from coastal shell-middens of eastern arabia. *The Journal of Oman studies* 12: 181-195.

Méry, S. et Marquis, P. 1998. First campaign of excavation at Khor Bani Bu Ali SWY-3, Sultanate of Oman. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 28: 215-227.

—. 1999. Un habitat côtier de l'âge du Bronze à Khor Bani Bu Ali SWY 3 (Sultanat d'Oman): deuxième campagne de fouille. *Bulletin of the Society for Arabian Studies* 4: 9-12.

Mienis, H. K. 1979. *Zootecus insularis* (Ehrenberg) from currelly's Site, Sinai. *Levantina* 18: 207.

Milankovitch, 1941. *Kanon der Erdbestrahlung und seine Andwendung auf das Eiszeitenproblem*. Royal Serbian Academy.

Monchablon, C., Crassard, R., Munoz, O., Guy, H., Bruley-Chabot, G. et Cleuziou, S. 2003. Excavations at Ra's al-Jinz RJ–1: stratigraphy without tells. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 33: 31-48.

Monchot, H. 1999. Mixture Analysis and Mammalian Sex Ratio Among Middle Pleistocene Mouflon of Arago Cave, France. *Quaternary Research* 52: 259-268.

Monchot, H. et Léchelle, J. 2002. Statistical nonparametric methods for the study of fossil populations. *Paleobiology* 28: 55-69.

Moolenbeek, R. G. et Dance, S. P. 1994. *Anachis donnae* (Gastropoda: Columbellidae) a new columbellid species from Masirah island, Oman. *Journal of Conchology* 35: 121-124.

Moolenbeek, R. G. et Dekker, H. 1993. The "Pheasant Shells" of Oman (Gastropoda: Turbinidae). *Venus (Japan Journal of Malacology)* 52: 141-148.

—. 1994. New Nassariids from Oman and Somalia (Neogastropoda: Prosobranchia). *Journal of Conchology* 35: 9-15.

Moss, M. L. 1993. Shellfish, Gender, and status on the Northwest Coast: Reconciling Archaeological, Ethnographic, and Ethnohistorical records of the Tlingit. *American Anthropologist* 95: 631-651.

Mosseri-Marlio, C. 2003. Sea turtles and dolphins; Aspects of marine animal exploitation from Bronze Age Ra's al-Hadd, Oman. *The Journal of Oman studies* 12: 197-210.

Murty, A. S. et Balaparameswara Rao, M. 1977. Studies on the ecology of mollusca in a south Indian mangrove swamp. *Journal of Molluscan Studies* 43: 223-229.

Muthiah, P., Rodrigo, J. X. et Suja, N. 2002. Larval rearing and spat production of *Marcia opima* (Gmelin). *Aquaculture* 211: 393-401.

Naidu, P. D. 2004. Isotopic evidences of past upwelling intensity in the Arabian Sea. *Global and Planetary Change* 40: 285-293.

Nasreen, H., Ahmed, M. et Hameed, S. 2000. Seasonal Variation in Biomass of Marine Macro-invertebrates Occuring on the Exposed Rocky Ledge of Manora Island, Karachi, Pakistan. *Pakistan Journal of Zoology* 32: 343-350.

Neff, U., Burns, S. J., Mangini, A., Mudelsee, M., Fleitmann, D. et Matter, A. 2001. Strong coherence between solar variability and the monsoon in Oman between 9 and 6 kyr ago. *Nature* 411: 290-293.

Neubert, E. 1998. Annotated checklist of the terrstrial and freshwater molluscs of the Arabian Peninsula with descriptions of new species. *Fauna of Arabia* 17: 333-461.

Nisbet, R. 1990. *Macrobotanical aspects of RJ 1 and RJ 2 (excavations 1986-88),* (Rapport à diffusion interne).

Odum, H. T., Cantlon, J. E. et Kornicker, L. S. 1960. An organizational hierarchy postulate for the interpretation of species-individual distributions, species entropy, ecosystem evolution, and the meaning of a species-variety index. *Ecology* 41: 395-399.

Ohno, T. 1989. Palaeotidal characteristics determined by micro-growth patterns in bivalves. *Palaeontology* 32: 237-263.

Oliver, G. 1992. *Bivalved Seashells of the Red Sea*. Cardiff: National Museum of Wales.

Oliver, P. G. et Chesney, H. C. G. 1994. Taxonomy of arabian bivalves Part 1. Arcoidea. *J. Conch., Lond.* 35: 17-31.

Parmalee, P. W., Klippel, W. E. et Bogan, A. 1982. Aboriginal and Modern Freshwater Mussel Assemblages(Pelecypoda : Unionidae) from the Chickamauga Reservoir mussel. *Brimleyana* 8: 75-90.

Pérèz, J. M. Editor. 1982. *Part 1: Ocean Management*. Vol. 5. *Marine Ecology*: John Wiley & Sons.

Pernetta, J. et Hill, L. 1981. A review of marine resource use in coastal papua. *Journal de la société des Océanistes* 37: 175-191.

Pernetta, J. C. 1993. *Mangrove Forests, Climate Change and Sea Level Rise: Hydrological Influences on Community Structure and Survival, with examples from the Indo-West Pacific*. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Natural Resources.

Pirazzoli, P. A. 1991. *World Atlas Holocene sea-level changes*. Amsterdam.

Plaziat, J.-C. 1977. Les cerithides tropicaux et leur polymorphisme lié à l'écologie littorale des mangroves. *Malacologia* 16: 35-44.

—. 1982. Introduction à l'écologie des milieux de transition eau douce - eau salée pour l'identification des paléoenvironnements correspondants. Critique de la notion de domaine margino-littoral. *Mémoire de la société géologique Française* 144: 187-206.

—. 1984. "Mollusk distribution in the mangal". *In*: Por, F. D. et Dor, I. (eds), *Hydrobiology of the Mangal*. pp. 111-143. The Hague.

—. 1995. "Modern and fossil mangroves and mangals: their climatic and biogeographic variability". *In*: Bosence, D. W. J. et Allison, P. A. (eds), *Marine Palaeoenvironmental Analysis from Fossils*. pp. 73-96: Geological Society Special Publication 83.

Poplin, F. 1976a. A propos du nombre de restes et du nombre d'individus dans les échantillons d'ossements. *Cahiers du centre de recherches préhistoriques de l'université de Paris 1*: 61-75.

—. 1976b. "Remarques théoriques et pratiques sur les unités utilisées dans les études d'ostéologie quantitative, particulièrement en archéologie préhistorique". *In*: L'uispp, C. D. (eds), *Section methodologie (problèmes d'interprétation ethnographique des vestiges osseux)*. pp. 124-141. Nice.

—. 1978-1979. Essai d'ostéologie quantitative sur l'estimation du nombre d'individus. *Kölner Jahrbuch* 16: 153-164.

Poulicek, M. 1983. Chitin in Gastropod Operculi. *Biochemical Systematics and Ecology* 11: 47-54.

Reid, G. D. 1986. *The littorinid molluscs of mangrove forests in the Indo-Pacific region*: British Museum (Natural History).

Rhaods, D. C. Editor. 1980. *Skeletal Growth of Aquatic Organisms : Biological Records of Environmental Change*. Vol. 1. *Topics in Geobiology*. New York: Plenum press.

Roaf, M. 1974. Excavations at Al Markh, Bahrain : a fish midden of the fourth millenium BC. *Paléorient* 2: 499-501.

Saliège, J.-F. et Cleuziou, S. à paraître. Le datation ^{14}C en milieu marin (titre provisoire). *Paléorient Anciennes exploitations des mers et des cours d'eau. Approches environnementales* 31.2.

Salvat, B. et Rives, C. 1991. *Coquillages de Polynésie*. Paris: Delachaux et Niestlé.

Salvatori, S. 1996. "Death and ritual in a population of coastal food foragers in Oman." *The prehistory of Asia and Oceania, Forli, 1996*, pp. 205-221.

Sanlaville, P. 1998. Les changements dans l'environnement au Moyen-Orient de 20 000 BP à 6 000 BP. *Paléorient* 23: 249-262.

—. 2000. *Le Moyen-Orient Arabe*. Paris: Armand Colin.

Sanlaville, P., Besenval, R., Evin, J. et Prieur, A. 1991. Evolution de la région littorale du Makran Pakistanais à l'Holocène. *Paléorient* 17: 3-18.

Schöne, B., Oschmann, W., Tanabe, K., Dettman, D., Fiebig, J., Houk, S. et Kanie, Y. 2004. Holocene seasonal environmental trends at Tokyo Bay, Japan, reconstructed from bivalve mollusk shells-implications for changes in the East Asian monsoon and latitudinal shifts of the Polar Front. *Quaternary Science Reviews*.

Schöne, B. R., Lega, J., Flessa, K. W., Goodwin, D. H. et Dettman, D. L. 2002. Reconstructing daily temperatures from growth rates of the intertidal bivalve mollusk *Chione cortezi* (northern Gulf of California, Mexico). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 184: 131-146.

Schott, F. A., Dengler, M. et Schoenefeldt, R. 2002. The shallow overturning circulation of the Indian Ocean. *Progress in Oceanography* 53: 57-103.

Schott, F. A. et Mccreary, J. P. 2001. The monsoon circulation of the Indian Ocean. *Progress in Oceanography* 51: 1-123.

Schwartz, D. 1963. *Méthodes statistiques à l'usage des médecins et des biologistes*, 3ème édition edition. Paris: Flammarion Médecine-Sciences.

Serrand, N. 2002. Exploitation des invertébrés maris et terrestres par les populations saladoïdes et post-saladoïdes du nord des Petites Antilles (env 500 B.C. - 1200 A.D.). Etude de cas et comparaisons. Thèse de doctorat, Université Paris I, Panthéon-Sorbonne.

Shackelton, J.-C. Editor. 1988. *Marine Molluscan Remains from Franchti Cave*. Vol. 4. *Excavations at Franchti Cave, Greece*. Bloomington: Indiana University Press.

Shangar, D., Vinayachandran, P. N. et Unnikrishnan, A. S. 2002. The monsoon currents in the North Indian Ocean. *Progress in Oceanography* 52 : 63-120.

Sheppard, C., Price, A. et Roberts, C. 1992. *Marine Ecology of the Arabian Region*. London: Academic Press.

Shi, W., Morrisson, J. M. et Manghnami, V. 2000. The Oman upwelling zone during 1993, 1994 and 1995. *Deep-Sea Research II* 47: 1227-1247.

Sire, J.-Y. 1984. La technique du marquage vital dans l'étude de la croissance de la coquille et de l'opercule calcifié de *Turbo setosus* Gmelin (gastéropode, Prosobranche). *Bulletin de la société zoologique française*: 99-111.

Sire, J.-Y. et Bonnet, P. 1984. Croissance et structure de l'opercule calcifié du gastéropode polynésien *Turbo setosus* (prosobranchia: Turbinidae): détermination de l'âge individuel. *Marine Biology* 79: 75-87.

Smits, D. et Moolenbeek, R. G. 1995. A New *Turbo* Species from West Irian. *Venus* 54: 109-112.

Swadling, P. 1982. Shellfishing in papua New Guinea, with special reference to the Papuan coast. *Monograph* 16: 307-310.

Taborin, Y. 1993. *La parure en coquille au Paléolithique*. Vol. XXIXe supplément Gallia Préhistoire. Paris: CNRS.

Tengberg, M. et Lombard, P. 2001. Environnement et économie végétale à Qal'at al-Bahrein aux périodes Dilmoun et Tylos. Premiers éléments d'archéobotanique. *Paléorient* 27: 167-181.

Tojo, B. et Ohno, T. 1999. Continuous growth-line sequences in gastropod shells. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 145: 183-191.

Tomlinson, P. 1986. *The Botany of the Mangroves*. *Cambridge tropical biology series*. Cambridge: Press Syndicate of the University of Cambridge.

Tosi, M. et Usai, D. 2003. Preliminary report on the excavations at Wadi Shab, Area 1, Sultanate of Oman. *Arabian archaeology and epigraphy* 14: 8-23.

Uerpmann, M. 1992. Structuring the Late Stone Age of Southern Arabia. *Arabian Archaeology and Epigraphy* 3: 65-109.

Uerpmann, M. et Uerpmann, H.-P. 2000. "Faunal remains of al-Buhais 18, An aceramic neolithic site in the emirate of Sharjah (SE-Arabia)-excavations 1995-1998". *In*: Mashkour, M., Choyke, A.-M., Buitenhuis, H. et Poplin, F. (eds), *Archaezoology of the Near East IV*, vol. 32. pp. 40-49. Groningen: ARC.

Van Campo, E. 1983. Paléoclimatologie des bordures de la mer d'Arabie depuis 150.000 ans. Analyse pollinique et stratigraphie isotopique.,Thèse de l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc.

Villiers, L. 1981. Croissance, dynamique du "stock" et de la biomasse de *Turbo setosus* (Gastropode-Turbinidae). *Vie et Milieu* 31: 3-13.

Vosmer, T. 2000. "The Reconstruction of the Magan Boat". *In*: Bourgeois, J. (eds), *Prehistoria 2000*, vol. 1. pp. 169-173: UISPP.

Yukihira, H., Noda, M., Hashimoto, H. et Gushima, K. 1995a. On the age and growth on the moon coronate turban, *Lunella coronata coreensis* (Récluz, 1853). *Applied Biological Science* 34: 125-133.

—. 1995b. On the distribution and foraging of the moon Coronate turban, *Lunella coronata coreensis* (Récluz, 1853). *Applied Biological Science* 34: 113-125.

—. 1995c. On the maturation and spawning on Moon Coronate Turban, *Lunella coronata coreensis* (Récluz, 1853). *Applied Biological Science* 34: 133-147.

Zeitzschel, B. et Gerlach, S. A. Editors. 1973. *The Biology of the Indian Ocean*. Vol. 3. *Ecological Studies*. Berlin: Springer-Verlag.

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Localisation du sultanat d'Oman (a) et en particulier de la région du Ja'alan (b).
La carte du Ja'alan indique la position des villages côtiers ainsi que des sites qui ont été étudiés pour ce travail (SWY 1 et 3, RJ 1 et 2, HD 6 et KHB 1).

Figure 2 : Relief et position des différents pays qui composent la péninsule Arabique d'après Ghazanfar et Fisher, 1998, modifié.

Figure 3 : Sens des vents de moussons (d'après Zeitzschel, 1973 et Shangar et al., 2002 modifiés).
A- mousson d'hiver (du nord-est)
B- mousson d'été (du sud-ouest)

Figure 4 : Limites actuelles des pluies de moussons d'hiver et d'été sur la péninsule Arabique (d'après Lézine et al., 2002)

Figure 5 : Température et pluviométrie actuelles des villes de Mascate et Salalah.

Figure 6 : Taux d'humidité à Mascate et Salalah (Dorvlo et Ampratwum, 1998 ; 1999).

Figure 7 : Typologie et position des étages dans les fonds marins (d'après Pérez, 1982).

Figure 8 : Bathymétrie de la côte du Ja'alan (d'après la carte n°6946 du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine)

Figure 9 : Températures marines actuelles de surface en fonction de la position des sites du Nord au Sud du Ja'alan. Les upwellings sont visibles pour les sites au Sud (20.5°N).
(Levitus, 1982)

Figure 10 : Photo satellite mettant en évidence la présence d'upwelling le long de la côte omanaise (http://visibleearth.nasa.gov)

Figure 11 : Position des grottes d'Hoti et de Qunf, ainsi que du sondage 723A effectué en mer d'Oman. Des analyses isotopiques sur de l'oxygène ont été effectuées à partir de prélèvements réalisés sur stalagmites pour la grotte de Qunf (stalagmite Q5) et la grotte d'Hoti (stalagmite H5), et de foraminifères pour la carotte marine 723A. (d'après Naidu, 2004 ; Fleitmann et al., 2003 et Neff et al., 2001)

Figure 12 : Résultats des dosages isotopiques de l'oxygène ($\Delta\delta^{18}O$) obtenus pour les stalagmites Q5 et H5. La flèche horizontale positionne la période d'occupation des sites étudiés entre 5500 et 2000 av. J.-C. (d'après Neff et al., 2001 et Fleitmann et al., 2003)

Figure 13 : Niveau marin dans le golfe Arabo-Persique depuis 8000 BP cal. La flèche horizontale indique la période d'occupation des sites étudiés. d'après Bernier et al., 1995

Figure 14 : Résultats des variations $\delta^{18}O$ obtenus à partir de foraminifères. La flèche horizontale indique la période d'occupation des sites étudiés. La différence entre *Pulleniata obliquiloculata* (foraminifère planctonique de profondeur) et *Globigerina bulloides* (foraminifère planctonique de surface) permet de détecter la présence d'upwelling. On observe deux périodes avec de fort upwelling entre 4000 et 7500 av. J.-C. et entre 16000 et 17000 av. J.-C. (en gris). (d'après Naidu, 2004 modifié)

Figure 15 : Tombe hafit (Cairn de Wadi Ayn) d'environs 4 à 8 m de diamètre, localisés au sommet d'affleurement rocheux (cliché de Serge Cleuziou)

Figure 16 : Cairn hafit de HLM1 très bien conservé. Il est constitué de pierres sèches (cliché de Serge Cleuziou)

Figure 17 : Tombe Umm an-Nar de al-Sufouh (Abu Dhabi) 6 m de diamètre (d'après Benson, 1996)

Figure 18 : Tombe A de type Umm an-Nar à Hili (Abu Dhabi) (cliché Serge Cleuziou)

Figure 19 : Exemples d'utilisations de coquilles
A et B : Les utilisations de coquilles d'*Aminatis umbonella* ou *Meretrix* sp.1 comme coche, couteau ou racloir (d'après Charpentier, 2004).
A- Couteaux ou racloirs à bord rectiligne sur valve gauche de *Meretrix* sp.1, SWY 2 en surface (Oman, Néolithique, 3100-3500 av. J.-C.)
B- Couteau ou racloir à bord rectiligne sur valve gauche d'*Amiantis umbonella*, SWY 1 en surface (Oman, Néolithique, 4200 av. J.-C.) (illustrations de G. Devilder)
C et D : Les différentes étapes de fabrication d'un hameçon en nacre à partir de la valve de *Pinctada margaritifera*.
C- Exemples de coquilles travaillées à différentes étapes de fabrication. (site de Wadi-Shab, d'après Tosi et Usai, 2003 ; dessins F. Puerto/D. Usai)
D- Hameçon complet trouvé à Khor Milkh 1 (d'après Charpentier et Méry, 1997 ; dessins H. David)
E à I : Les différentes étapes de la chaîne opératoire de fabrication d'anneaux en *Conus* sp. d'après Charpentier (1993).
E - Coquille entière de *Conus* sp.
F- Phase 1 et 2
G- Phase 3
H- Phase 4
I- Phase 5
Les exemples présentés proviennent tous du site de RJ 2. (dessins H. David).

Figure 20 : Position des différents sites dans la région du Ja'alan
1- Ra's al-Hadd (HD)
2- Ra's al-Jinz (RJ)
3- Suwayh (SWY)

Figure 21 : Zone ouverte sur le site de SWY 1 pendant la campagne de fouille de 2004 (US 33) ; (cliché Chloé Martin)

Figure 22 : Stratigraphie du sondage de SWY 1 d'environ 2 m de profondeur (cliché Chloé Martin)

Figure 23 : Position des sondages hors sites dans la zone de Suwayh

Figure 24 : Plan du bâtiment 1 du site de SWY 3 avec position de la tranchée et de la coupe (d'après Méry, 1998)

Figure 25 : Coupe stratigraphique de la tranchée 1 de SWY 3 (d'après Méry, 1998)

Figure 26 : Position des sites de RJ 1 et 2 dans la zone de Ra's al-Jinz (d'après Cleuziou et Tosi, 2000)

Figure 27 : Plan du site de RJ 2 avec localisation des échantillons malacologiques étudiés dans le cadre de ce travail (dessin Hélène David)

Figure 28 : Plan de la structure 3 de RJ 1 avec la position des unités stratigraphiques (relevé de terrain)

Figure 29 : Plan du site de HD 6 avec localisation des échantillons (relevé Maurizio Cattani)

Figure 30 : Localisation des littoraux de la zone Indo-Pacifique. (d'après Salvat B. et Rives C., 1991 modifié)

Figure 31 : Banc de moules (*Perna picta*)
a- Naissain de moules (colonie récente), ici il s'agit de petites larves tout juste fixées dans les interstices du rocher
b- colonie importante de moules associée à des balanes (*Balanus* sp.)
c- *Purpura panama* est un des principaux prédateurs des moules et des balanes, on le trouve généralement à proximité des bancs de moules.

Figure 32 : Photos des différents coquillages vivant en contexte sableux et mangrove
a- *Terebralia palustris* sur lequel est fixé une huître (*Saccostrea cucculata*) (cliché E. Pellé)
b- Coquille de *Terebralia palustris* actuelle (cliché C. Martin)
c- Regroupement d'individus de l'espèce *Bullia mauritania* autour d'un poisson mort, ils se nourrissent de la chair des cadavres de poissons sur les plages.
d- *Cassidula nucleus* environ 17 mm de hauteur (d'après Bosch et al., 1995)
e- *Melampus castaneus* environ 13 mm de hauteur (d'après Bosch et al., 1995)

Figure 33 : Photos représentant l'huître *Saccostrea cucculata* en milieu rocheux
a- Exemple de rocher partiellement recouvert d'huîtres cliché C. Martin
b- Organisation d'une colonie d'huîtres, elles sont toutes fortement fixées au rocher et emboîtées les unes contre les autres (ici le rocher est entièrement recouvert). cliché E. Pellé

Figure 36 : Exemples de collecte en mangrove chez les Gidjingali (Australie)
a- Collecte de *Terebralia palustris* et *Telescopium telescopium*
b- Récupération de la chair de Terebralia palustris après cuisson, le gastéropode est fracturé sur la partie postérieure du dernier tour au moyen d'un autre coquillage
c- Collecte de *Crassostrea amasa* qui se fixe sur les pneumatophores des palétuviers
d- Restes de la consommation d'huîtres. Le tas d'huîtres est cuit tel quel puis consommé (photos provenant de Meehan, 1982)

Figure 34 : Collecte du bivalve *Marcia hiantina* en milieux vaseux chez les Gidjingali (Australie)
a- Méthode dite "Dry-method" qui consiste à collecter les bivalves en grattant le sol à marée basse
b- Méthode dite "Wet-method" qui s'effectue pendant la remontée de la marée (50 cm d'eau maximum)

c- Lavage des bivalves avant la cuisson et la consommation (photos d'après Meehan, 1982)

Figure 35 : Localisation et collecte d'*Amiantis umbonella*
A- Equipe de collecteurs composée essentiellement d'enfants
B- Localisation de la mangrove de Sur
C- Lagune de Sur située en avant de la mangrove, à proximité de l'accès à la mer (clichés C. Martin).

Figure 37 : Description de la coquille d'un gastéropode (d'après Claasen, 1998 modifié)

Figure 38 : Description d'une coquille de bivalve avec les différents termes utilisés pour la description du test (d'après Claassen, 1998 modifié)

Figure 39 : Exemples de masque de saisie
A- Ici chaque ligne correspond à une fiche de saisie et chaque colonne est une rubrique (affichage mode tableau)
B et C- Exemples de fiche de saisie pour les bivalves (B) et les gastéropodes (C) (contrairement à A, les fiches apparaissent une à une) seules les rubriques indiquées par une flèche sont à saisir, les autres se remplissent automatiquement à partir de tables liées.

Figure 40 : Effectifs cumulés des restes fragmentés (Frag.), entier (E.) et quasi-entier (Q.E.) des gastéropodes et bivalves par US, pour le site de SWY 1.

Figure 41 : Classification hiérarchique directe effectuée à partir d'une analyse factorielle des correspondances comprenant la totalité des espèces de SWY 1 (excepté les huîtres). On observe le rapprochement de différentes US, formant des regroupements cohérents.

Figure 42 : Diagramme malacologique de SWY1 (pourcentage par US). Seules les 10 espèces principales sont représentées. Les huîtres sont présentées en gramme par US. Les indices de richesse (ISO) et de diversité (Simpson) sont indiqué à droite et le NMI global est présenté avec les huîtres. Les US 10, 14, 21 et 27 sont des US de nettoyage.

Figure 43 : Analyse factorielle des correspondances effectuée à partir des 10 principales espèces de SWY 1
a- Facteur 1 et 2
b- Facteur 1 et 3
Deux tendances se distinguent sur le facteur 1 avec en négatif la lagune avec *Marcia marmorata* et en positif la lagune avec *Marcia opima* et *Meretrix* sp.1. Sur le facteur 2, on observe une opposition entre la lagune et le milieu rocheux. Le facteur 3 marque l'opposition rocheux et mangrove.

Figure 44 : Coordonnées des unités stratigraphiques sur les facteurs 1, 2 et 3 obtenues à partir de l'AFC sur les 10 principales espèces de SWY1. On observe un découpage des US en fonction des différents milieux qui dominent les facteurs. Ainsi les phases 1 à 4b s'opposent aux phases 5a et 5b en fonction des espèces de la lagune, majoritaires.
a- Facteur 1
b- Facteur 2
c- Facteur 3

Figure 45 : Représentation graphique du nombre minimum d'individus par milieu (en % et brut) pour chaque unité stratigraphique.
Les principaux milieux sont la mangrove, le milieu rocheux et le milieu vaseux.

Figure 46 : Emprunte de pneumatophore sur une coquille d'huître (*Saccostrea cucculata*) provenant de SWY 1, US 8 (photos C. Martin).

Figure 47 : Sondage 4, localisé entre les sites de SWY 1 et SWY 2 (dessin de J.-F. Berger). Les différentes espèces inféodées à la lagune ou à la mangrove sont indiquées pour chaque prélèvement malacologique. Pour le niveau 22, on observe la présence de la lagune et de la mangrove vers 3665-3454 BC cal.

Figure 48 : Sondages 7 et 9 localisés dans les parties centrales et occidentales de la sebkha de Suwayh (dessin de J.-F. Berger). On observe la présence d'une lagune avec mangrove vers 4337-3917 BC cal et d'une lagune vers 3340-2739 BC cal.

Figure 49 : Position des sondages hors sites dans la zone de Suwayh. En fonction des espèces trouvées dans les prélèvements, la lagune et la mangrove ont été positionnées approximativement. Ainsi vers 4337-3917 BC cal, les espèces trouvées pour le sondage 9 indiquent la présence d'une lagune et d'une mangrove à environ 2km de la côte. Vers 3666-3454 BC cal, la lagune et la mangrove sont au niveau du sondage 4, c'est à dire à proximité de la côte actuelle. Enfin vers 3340-2739 BC cal, la lagune atteint le sondage 7 mais sans la présence d'une mangrove.

Figure 50 : Diagramme malacologique de SWY 3 (pourcentage du nombre de restes par US). Dans cet assemblage, les bivalves dominent la séquence, essentiellement *Meretrix* sp.1, *Perna picta* et *Ostrea* sp.

Figure 51 : Schéma de situation du site de KHB 1 par rapport à la lagune et la terrasse d'abrasion marine (dessin de H. David). La position du site, au sommet de la terrasse, à proximité d'une plage sableuse et au pied d'une lagune permet une collecte diversifiée.

Figure 52 : Représentation graphique des principaux taxons présents sur le site de KHB 1.
Les bivalves dominent avec *Amiantis umbonella*, *Ostrea* sp. et *Marcia opima*. Seul le gastéropode *Strombus persicus* fait partie des principaux taxons.

Figure 53 : Répartition taxonomique et position des restes malacologiques des pièces IV, V, VI et VIII du site de HD 6 (en gris les bivalves)

Figure 54 : Répartition taxonomique et position des restes malacologiques des pièces XXIV, XXV et XXVI du site de HD 6 (en gris les bivalves)

Figure 55 : Répartition taxonomique et position des restes malacologiques des pièces III, VII, XI, XXII et XXIII sur le site de HD 6 (en gris les bivalves)

Figure 56 : Répartition taxonomique et position des restes malacologiques du sondage QRS 98-100 du site de HD 6 (en gris les bivalves)

Figure 57 : Mesures effectuées sur les valves gauche de *Marcia marmorata* des phases 1 à 5 de Suwayh 1 (805 valves mesurées).

Figure 58 : Histogramme de taille des valves gauches des *Marcia marmorata* par US.
Le pas des histogrammes a été définis à partir d'un lissage de Kernel.

Figure 59 : Moyenne des mesures effectuées sur la valve gauche de *Marcia marmorata*. La phase 4 est marquée par une augmentation de la longueur des valves suivie d'une diminution. pas de mesures pour P33

Figure 60 : Forme de l'opercule de *Lunella coronata* (8,5 mm de diamètre max.).

Figure 61 : Position de l'opercule sur un gastéropode en position active. Une partie du manteau recouvre l'opercule.

Figure 62 : Position de l'opercule sur l'espèce *Lunella coronata* (22 mm de hauteur) en position de stress, c'est-à-dire replié dans sa coquille. (photo : http://www.femorale.com)

Figure 63 : Schéma explicatif de la formation de l'opercule, sécrété à partir de la fente operculaire (d'après Grassé, 1968 modifié). Le schéma concerne un opercule calcifié, malheureusement, il n'a pas été possible de trouver de schéma explicatif pour les opercules calcifiés semi-circulaires.

Figure 64 : Schéma explicatif de la croissance spiralée d'un opercule avec la formation progressive d'une spirale principale.

Figure 65 : Relation entre la hauteur de la coquille et le diamètre de l'opercule sur un échantillon de 319 individus. Les indications d'âges sont des valeurs théoriques calculées par Villiers (1981) ; (d'après Sire et Bonnet, 1984).

Figure 66 : Croissance et dynamique de *Turbo setosus* (Tuamotu, Polynésie Française) ; (d'après Villiers, 1981)
A- Analyse de la structure démographique : histogrammes de fréquence des hauteurs et courbes théoriques des distributions de fréquences correspondant aux cohortes (en chiffre romain).
B- Températures journalières moyennes de l'eau
C- Courbes de croissance théoriques établies à partir du modèle de Von Bertalanffy ; hauteur de la coquille en fonction du temps écoulé depuis la première capture et hauteur de la coquille en fonction de l'âge.

Figure 67 : Cycle de reproduction de *Lunella granulata* en fonction des températures marines : les indices gonadiques mâles et femelles augmentent en même temps que les températures marines (d'après Fuse T., 1993 modifié)

Figure 68 : Cycle de reproduction de l'espèce *Lunella coronata coreensis* selon Lee, (2000)

Figure 69 : Cycle de reproduction de *Lunella coronata coreensis* en fonction des températures marines (d'après Yukihira H. et al., 1995 modifié)

Figure 70 : Mesures sur opercules de *Lunella coronata* des phases 1 à 5 de Suwayh 1 (2102 opercules mesurés).

Figure 71 : Histogrammes de taille des opercules de *Lunella coronata* par US. Le pas de l'histogramme a été calculé à partir d'un lissage de Kernel.

Figure 72 : Moyenne des mesures effectuées sur les opercules de *Lunella coronata*. On observe une augmentation de la taille des opercules à la fin de la phase 2 et au début de la phase 4, suivie d'une diminution à la fin de la phase 4 et enfin une nouvelle augmentation à la phase 5.

Figure 73 : Position des différents groupes qui ressortent après la mixture. On observe, excepté pour l'US 3, 2 groupes, un premier avec un effectif élevé et un second avec un plus petit nombre d'opercules.

Figure 74 : Représentation graphique du NMI et de la moyenne des diamètres d'opercules par US pour SWY 1.

Figure 75 : Organisation des stries de croissance des opercules de *Turbo setosus* et *Lunella coronata*
A et C : Zone de faible croissance
B : Agrandissement de deux stries B (intervalle entre deux flèches) avec la présence de stries intermédiaires ou stries C
D : Zone à proximité du centre où les stries B sont très serrées et forment une organisation en "cônes emboîtés" visible aussi pour *Turbo setosus*.

Figure 76 : Coupe transversale d'un opercule. Les flèches indiquent le sens du dépôt des couches.

Figure 77 : Vue du centre de l'opercule n°39 de *Lunella coronata* (coupe parallèle au plan d'insertion du pied).
A- Vue générale du centre
B- Zone centrale, détail de A, montrant l'organisation de type "cellulaire"

Figure 78 :
Opercule (n°5) de l'espèce *Lunella coronata* dont la structure a probablement été altérée. Les zones en gris clair sont les zones diagénéisées.

Figure 79 : Schéma des différentes courbes de températures mise en relation avec les classes d'âges des mollusques.

Figure 80 : Histogramme des classes de stries d'opercules de l'espèce *Lunella coronata*. Un premier pic est visible entre 137-197 jours (+30 jours) et un deuxième pic avec seulement 4 individus entre 113 et 125 jours (+ 30 jours).

Figure 81 : Simulation de la période de collecte des opercules en tenant compte des températures et en ajoutant la phase larvaire.

Figure 82 : Superposition du dessin de la spirale des opercules appartenant au groupe A et B. Le groupe A comprend 25 opercules dont la spirale est très ouverte. Le groupe B comprend 13 opercules dont la spirale est plus fermée.

Figure 83 : Représentation schématique des différents milieux et espèces collectées entre le 6e et le 5e millénaire av. J.-C. Les milieux et les espèces collectées sont très diversifiés indiquant ainsi une collecte de type opportuniste représentative de l'environnement. (clichés C. Martin)

Figure 84 : Reconstitution de l'environnement :
A. actuel
B. pendant la phase 5 de SWY 1 (avec les espèces qui sont inféodées aux différents milieux)

Figure 85 : Proposition de mise en corrélation des résultats des indices de richesse et de diversité sur les sites archéologiques avec les données climatiques.
A- Indices de richesse et de diversité pour les sites de SWY 1, KHB 1, RJ 2 et SWY 3
B- Résultats des analyses O^{18}/O^{16} effectuées sur la stalagmite Q5 de la grotte de Qunf (en gris la marge d'erreur). D'après Fleitmann *et al*., 2003
C- Résultats des analyses O^{18}/O^{16} effectuées sur la stalagmite H5 de la grotte de Hoti. D'après Neff *et al*., 2001
D- Résultats des analyses O^{18}/O^{16} effectuées sur la carotte marine 723A. D'aprèsNaidu, 2004

Figure 86 : Représentation schématique des différents milieux et espèces collectées pendant le 4e millénaire av. J.-C. Les milieux collectés sont toujours diversifiés et les espèces sont désormais de plus grande taille indiquant une préférence pour certains de ces coquillages. (clichés C. Martin)

Figure 87 : Représentation schématique des différents milieux et espèces collectées pendant l'Âge du Bronze (période Umm an-Nar). La collecte est ciblée sur certaines espèces de grande taille. (clichés C. Martin)

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Répartition des restes malacologiques étudiés pour les sites archéologiques et en contexte naturel. Le nombre de restes est beaucoup plus important sur les sites du Néolithique que pendant l'Âge du Bronze.

Tableau 2 : Chronologie de l'Oman et des sites étudiés

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des principaux sites côtiers omanais occupés au Néolithique. En gris, les sites ayant été datés par ^{14}C, les autres sites ont été datés à partir du matériel archéologique. Seul ceux qui ont fait l'objet d'une publication ou d'une étude sont mentionnés.

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des principaux sites côtiers omanais occupés à l'Âge du Bronze. Seul les sites ayant fait l'objet d'une publication ou d'une étude de matériel sont mentionnés.

Tableau 5 : Liste non exhaustive des espèces utilisées pour la manufacture d'objets sur les sites néolithiques et de l'Âge du Bronze en Oman.

Tableau 6 : Chronologie approximative des différentes utilisations des coquilles sur les sites d'Oman et des Émirats arabes unis du Néolithique à l'Âge du Bronze.
A- Position chronologique des différentes espèces utilisées pour la réalisation d'objets et de parures en coquilles (d'après Charpentier, 1993, 1991 ; Charpentier et al., 1997, 2000, 2003 ; Charpentier et Méry, 1997 ; Cleuziou et Tosi, 2000 ; Méry et Charpentier, 2003 et Méry et Marquis, 1998) illustrations H. David
B- Liste des sites comportant des outils réalisés à partir de valves de Veneridae. Les espèces utilisées ainsi que la période d'occupation ou la date précise (étoile) correspondante sont aussi indiquées (d'après Charpentier et al., 2004).

Tableau 7 : Unités stratigraphiques de SWY 3 et leurs équivalences dans la numérotation utilisée pour ce travail.

Tableau 8 : Datations obtenues à RJ 2 à partir d'échantillons de coquilles et de charbons de bois.

Tableau 9 : Répartition des restes étudiés, excepté les restes malacologiques par S. Bökönyi (1992 et 1993) à RJ2.

Tableau 10 : Unités stratigraphiques de RJ 2 dont le matériel a été étudié et correspondant à la chronostratigraphie.

Tableau 11 : Nombre de restes déterminés (ou NRd), poids (g.) et traces de boucherie sur les restes de tortues marines et de dauphins sur le site de HD 6. Le matériel provient des campagnes de fouilles de 1988, 1989 et 1995.
(d'après Mosseri-Marlio, 2003)

Tableau 12 : Liste des taxons présents sur les sites étudiés et vivant en contexte rocheux.

Tableau 13 : Taxons présents sur les sites et inféodés aux milieux vaseux et/ou sableux.

Tableau 14 : Liste des taxons vivant au sein de la mangrove.

Tableau 15 : Liste des 18 termes définissant le milieu et l'étage

Tableau 16 : Nombre minimal d'individus (ou NMI) et pourcentage pour les 91 taxons de SWY 1 avec les milieux associés, toutes unités stratigraphiques (US) confondues.

Tableau 17 : Résultats de l'analyse factorielle des correspondances effectuée sur les US et sur la totalité des taxons de SWY 1.

Tableau 18 : Coordonnées, contributions et Cos^2 pour l'analyse factorielle des correspondances effectuée sur les 10 principales espèces de SWY 1 et sur les 29 US. Les abréviations utilisées sont définies dans la figure 46.

Tableau 19 : Liste des taxons de SWY 3 avec indication du NR et du milieu, toutes US confondues.

Tableau 20 : Décompte du nombre minimal d'individus par taxons pour KHB 1.

Tableau 21 : Répartition de la collecte en fonction des milieux (en gris les bivalves) pour le site de KHB 1.

Tableau 22 : Répartition des restes malacologiques de RJ 1 en fonction des différents taxons avec indication du milieu et du nombre de restes.

Tableaux 23 : Répartition des restes de RJ 1 en fonction du biotope (a) et de l'étage bathymétrique (b).

Tableau 24 : Répartition des restes en NR et NMI avec indication du milieu pour les US 400 et 401 (hors contexte d'habitat) et pour les pièces.

Tableau 25 : Répartition des restes en fonction de la fragmentation en NR représentés à HD 6.

Tableau 26 : Répartition des restes roulés ou perforés en NR en fonction du contexte à HD 6.

Tableau 27 : Répartition des principales espèces à HD 6 en fonction des pièces (en gris les bivalves)

Tableau 28 : Répartition des taxons en fonction des pièces et de leurs utilisations (en gris les bivalves).

Tableau 29 : Décompte du nombre de lignes et des diamètres (en mm) des opercules de *Lunella coronata* (en gris sont indiqués les opercules en partie illisibles et qui n'ont pas été utilisés pour l'interprétation) provenant de l'US 12 de SWY 1.

Tableau 30 : Récapitulatif positionnant chronologiquement les espèces utilisées à la fois pour la confection de parures et d'outils et pour la consommation.
(illustrations des parures et outils : G. Devildeur et H. David)

Tableau 31 : Répartition des activités des populations omanaises en fonction des périodes de l'année (d'après Lancaster, 1988).

LISTE DES ANNEXES

1 Températures, pluviométrie et humidité à Mascate et Salalah ____ 297

2 Températures marines de surface en °C (Levitus, 1982) ____ 298

3 Liste des espèces avec indication du milieu et de l'étage bathymétrique ____ 299

4 SWY 1 ____ 304

4.1 Fragmentation ____ 304

4.2 Répartition en fonction de l'écologie ____ 304

4.3 Calcul du NMI ____ 306

4.4 Tableau récapitulatif du NMI ____ 326

4.5 Coefficients de corrélation effectués à partir des tests fragmentés, entier et quasi-entier ____ 330

4.6 Résultats de l'analyse factorielle des correspondances effectuée sur la totalité des espèces ____ 330

4.6.1 Description de l'AFC ____ 330

4.6.2 Détails du calcul ____ 331

4.7 Résultats de l'analyse factorielle des correspondances effectuée sur les dix principales espèces ____ 338

4.8 Mesures effectuées sur les valves gauches de *Marcia marmorata* ____ 341

4.8.1 Données (en mm) ____ 341

4.8.2 Moyennes (en mm) ____ 344

4.8.3 Test de d'Agostino ____ 344

4.8.4 Lissage de Kernel ____ 345

4.8.5 Test F et Test T ____ 345

4.9 Mesures effectuées sur les opercules de *Lunella coronata* ____ 346

4.9.1 Données (en mm) ____ 346

4.9.2 Moyennes (en mm) ____ 354

4.9.3 Test de d'Agostino ____ 354

4.9.4 Lissage de Kernel ____ 355

4.9.5 Test F et T ____ 356

5 SWY 3 ____ 357

5.1 Nombre de restes ____ 357

5.2 Répartition des restes coquilliers en fonction de leur fragmentation pour les sites de KHB 1, SWY 1 et SWY 3 ____ 357

5.3 Indices de richesse et de diversité ____ 358

5.4 Répartition des restes en fonction de leur écologie ____ 358

5.5 Résultats de l'analyse factorielle des correspondances ____ 358

6 KHB 1 ____ 360

6.1 Nombre de restes ____ 360

6.2 Calcul du NMI ____ 361

6.3 Répartition des restes en fonction de leur fragmentation ____ 364

6.4 Etat de conservation des coquilles ____ 364

6.5 Répartition des espèces en fonction de leur écologie 364

7 Ra's al-Jinz 365

7.1 RJ 2 365

7.2 RJ 1 365

7.2.1 Répartition des restes en fonction de la fragmentation 365

7.2.2 Répartition des restes en fonction de la conservation 365

8 HD 6 366

8.1 Contexte d'habitat 366

8.1.1 Traces et conservation des restes 366

8.1.2 Nombre de restes par pièces 367

8.2 Sondage 369

8.2.1 Etude des traces 369

8.2.2 Détail du NMI pour HD 6 369

8.2.3 Tableaux récapitulatifs du NMI 371

9 Tests stastistiques et analyses effectuées 373

9.1 Indices de richesse et de diversité 373

9.2 Test de normalité 373

9.3 Tests paramétriques 374

9.4 Analyse des données 375

10 Répartition des restes (NR) pour les sondages 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9 et 11 376

11 Protocole de réalisation des lames minces 382

12 Description de l'espèce Meretrix sp.1 384

13 Article à paraître : 386

14 Compte rendu de colloque : 396

1 Températures, pluviométrie et humidité à Mascate et Salalah

	Mascate			Salalah		
	Température (°C)	**Pluviométrie (mm)**	**Humidité (%)**	**Température (°C)**	**Pluviométrie (mm)**	**Humidité (%)**
Janv.	21,35	15,2	65	23,1	1,2	51,5
Févr.	22	19,7	75	24,15	3,3	57,67
mars	24,9	17,7	72	26	5,2	62,5
avril	29,5	13,2	62	28	10	67,67
mai	34,1	3,7	71	29,4	9,9	74,5
juin	35,35	0,6	79	29,7	8,1	79
Juill.	34,35	3,7	88	26,6	26,2	88,17
août	32,25	1,8	87	25,45	26,2	90,83
Sept.	31,6	0	75	26,55	3,7	81,83
Oct.	29,6	0,9	73	26,7	6	67,83
Nov.	25,55	5,9	73	26,15	4,6	53,17
Déc.	22,7	15,3	73	24,55	3,9	54,5
Total des précipitations et moyenne des températures	28,6°C	97,7 mm	74,40%	26,4°C	108,3 mm	69,10%

Températures et pluviométrie des villes de Mascate et Salalah. On observe de fortes différences liées à la position de l'ITCZ.

Source : Directorate General of Civil Aviation and Meteorology of Oman

http://met.gov.om/

http://www.worldweather.org/

2 Températures marines de surface en °C (Levitus, 1982)

°C	58,5E/24,5N	59,5E/23,5N	60,5E/22,5N	59,5E/21,5N	58,5E/20,5N
Janv.	23,53	23,47	23,78	23,8	23,77
Févr.	22,49	22,72	23,31	23,7	24,5
mars	24,34	24,81	25,28	25,52	25,36
avril	25,72	26,2	26,39	27,12	27,73
mai	28,51	28,41	28,22	27,71	27,13
juin	30,93	29,87	28,6	26,85	25,47
Juill.	30,89	28,47	26,72	24,36	23,57
août	30,82	28,49	27,11	25,98	25,31
Sept.	30,09	27,98	26,49	25,09	24,58
oct.	28,74	28,34	27,84	27,86	27,25
nov.	27,04	27,65	27,66	27,74	27,39
déc.	25,59	25,46	25,59	25,56	25,58
Moyenne annuelle	27,4	26,8	26,4	25,9	25,6

3 Liste des espèces avec indication du milieu et de l'étage bathymétrique

espèce	auteurs	milieu	étage
	BIVALVES		
Amiantis umbonella	(Lamarck, 1818)	vaseux	intertidal / infralittoral
Anadara erythraeonensis	(Philippi, 1851)	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Anadara natalensis	(Krauss, 1848)	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Anadara sp.	Gray, 1847	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Anadara uropigimelana	(Bory de St. Vincent, 1824)	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Anodontia edentula	(Linné, 1758)	vaseux	intertidal / infralittoral
Arca symphenacis	Oliver & Chesney, 1994	rocheux	intertidal / infralittoral
Asaphis violascens	(Forsskal, 1775)	rocheux/graveleux	intertidal / infralittoral
Barbatia foliata	(Forsskâl, 1775)	rocheux	intertidal / infralittoral
Barbatia foliata / decussata		rocheux	intertidal / infralittoral
Barbatia oblicata	(Wood, 1828)	rocheux	intertidal / infralittoral
Barbatia sp.	Gray, 1842	rocheux	intertidal / infralittoral
Beguina gubernaculum	(Reeve, 1843)	rocheux	intertidal
Callista erycina	(Linné, 1758)	vaseux	infralittoral
Callista florida	(Lamarck, 1818)	vaseux	infralittoral
Cardites bicolor	(Lamarck, 1819)	sableux	infralittoral
Cardium rugosum cf. *gortanii*	Reeve, 1845	indéterminé	indéterminé
Cavilucina pamela	(Melvill & Standen, 1907	vaseux	intertidal
Chama brassica	Reeve, 1847	rocheux	intertidal
Chama sp.		rocheux	intertidal
Chlamys livida	(Lamarck, 1819)	rocheux	intertidal / infralittoral
Chlamys senatoria	(Gmelin, 1791)	rocheux	intertidal / infralittoral
Chlamys sp.	Röding, 1798	rocheux	intertidal / infralittoral
Chlamys towsendi	(Sowerby, 1895)	rocheux	infralittoral
Circe rugifera	(Lamarck, 1818)	sableux	intertidal / infralittoral
Circenita callipiga	(Born, 1780)	vaseux	intertidal / infralittoral
Codakia tigerina	(Linnaeus, 1758)	sableux	intertidal / infralittoral
Diplodonta cf. *globosa*	(Forsskal, 1775)	vaseux	intertidal / infralittoral
Donax towsendi	Sowerby, 1895	sableux	intertidal / infralittoral
Dosinia alta	(Dunker, 1848)	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Dosinia ceylonica	Dunker, 1865	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Dosinia cf. *alta*	(Dunker, 1848)	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Dosinia contracta	(Philli, 1844)	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Dosinia erythraea	Römer, 1860	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Dosinia hepatica	(Lamarck, 1818)	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Dosinia histrio	(Gmelin, 1791)	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Dosinia insularum	Fischer-Piette, 1976	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Dosinia pubescens	(Philippi, 1847)	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Dosinia sp.	Scopdi, 1777	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Dosinia tumida	(Gray, 1838)	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Glycymeris pectunculus	(Linné, 1798)	sableux	infralittoral
Hiatella flaccida	(Gould, 1861)	rocheux	intertidal / infralittoral
Hiatula mirbahensis	Morris & Morris, 1993	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Hiatula ruppelliana	(Reeve, 1857)	vaseux	intertidal / infralittoral
Hiatula sp.	Modeer, 1793	sableux	intertidal / infralittoral
Irus macrophylla	(Deshayes, 1853)	rocheux	intertidal / infralittoral
Isognomon sp.	Lightfoot, 1786	rocheux	intertidal / infralittoral
Lioconcha castrensis	(Linné, 1758)	sableux	infralittoral
Lioconcha ornata	(Dillwyn, 1817)	sableux	infralittoral
Loripes clausus	(Philippi, 1848)	indéterminé	intertidal / infralittoral
Lutraria australis	Deshayes, 1855	vaseux	intertidal / infralittoral
Mactra lilacea	Lamarck, 1818	sableux	indéterminé
Mactra ovalina	Lamarck, 1818	vaseux	indéterminé
Mactra rochebrunei	Lamy, 1916	indéterminé	indéterminé
Mactra sp.		indéterminé	indéterminé

espèce	auteurs	milieu	étage
	BIVALVES		
Marcia flammea	(Gmelin, 1791)	vaseux	intertidal / infralittoral
Marcia marmorata	(Lamarck, 1818)	vaseux	intertidal / infralittoral
Marcia opima	(Gmelin, 1791)	vaseux	intertidal / infralittoral
Meretrix sp.1		vaseux	intertidal / infralittoral
Meropesta pellucida	(Gmelin, 1791)	indéterminé	indéterminé
Noetiella chesneyi	Oliver &Chesney, 1994	rocheux	intertidal strict
Ostrea sp.		rocheux/mangrove	intertidal
Paphia undulata	(Born, 1778)	indéterminé	indéterminé
Perna picta	(Born, 1778)	rocheux	intertidal strict
Pillucina angela	(Melvill, 1899)	vaseux	intertidal
Pillucina fischeriana	(Issel, 1869)	vaseux	intertidal
Pinctada cf. *nigra*	(Gould, 1850)	rocheux	intertidal
Pinctada margaritifera	(Linnaeus, 1758)	rocheux	intertidal
Pinctada radiata	(Leach, 1814)	rocheux	intertidal
Pinctada sp.	Röding, 1798	rocheux	intertidal / infralittoral
Pinna muricata / bicolor		rocheux	intertidal
Pitar cf. *hebraea*	(Lamarck, 1818)	indéterminé	indéterminé
Pitar hebraea	(Lamarck, 1818)	indéterminé	indéterminé
Pitar pudicissma	(Smith, 1894)	vaseux	infralittoral
Pitar tumida	(Sowerby, 1895)	indéterminé	indéterminé
Pitar yerburyi	(Smith, 1891)	vaseux	infralittoral
Plagiocardium pseudolima	(Lamarck, 1819)	vaseux	intertidal
Protapes cor	(Sowerby, 1853)	vaseux	indéterminé
Protapes sinuosa	(Lamarck, 1818)	indéterminé	indéterminé
Protapes sp.		vaseux	indéterminé
Pteriidae		indéterminé	indéterminé
Saccostrea cucculata	(Born, 1778)	rocheux/mangrove	intertidal strict
Semele sp.	Schumacher, 1817	sableux/vaseux	intertidal / infralittoral
Spondylus marisrubri	Röding, 1798	rocheux	intertidal
Spondylus sp.		rocheux	indéterminé
Striarca symmetrica	(Reeve, 1844)	rocheux	intertidal / infralittoral
Sunetta effossa	(Hanley, 1843)	sableux	indéterminé
Tapes bruguierei	(Hanley, 1845)	indéterminé	indéterminé
Tapes deshayesi	(Sowerby, 1852)	indéterminé	indéterminé
Tapes sulcarius	(Lamarck, 1818)	vaseux	intertidal
Tellina adenensis	(Smith, 1891)	indéterminé	indéterminé
Tellina arsinoensis var. A	Issel, 1869	vaseux	intertidal
Tellina arsinoensis var. B	Issel, 1869	vaseux	intertidal
Tellina sp.	Linné, 1758	sableux/vaseux	indéterminé
Tivela mulawana	Biggs, 1969	indéterminé	indéterminé
Tivela ponderosa	(Koch, 1844)	sableux	intertidal / infralittoral
Tivela rejecta	Smith, 1914	vaseux	intertidal
Trapezium sublaevigatum	(Lamarck, 1819)	rocheux	intertidal
Veneridae		indéterminé	indéterminé
Venerupis rugosa	Sowerby, 1854	rocheux	intertidal
Wallucina erythraea	(Issel, 1869)	vaseux	intertidal / infralittoral
espèce	**auteurs**	**milieu**	**étage**
	GASTEROPODES		
Anachis faurati	(Jousseaume, 1888)	rocheux	intertidal
Ancilla castanea	(Sowerby, 1830)	sableux/vaseux	intertidal
Ancilla sp.		sableux	intertidal
Architectonica perspectiva	(Linnaeus, 1758)	sableux	indéterminé
Architectonica sp.		sableux	indéterminé
Babylonia sp.		sableux	infralittoral
Babylonia spirata	(Linné, 1758)	sableux	infralittoral
Bulla ampulla	Linné, 1758	sableux	intertidal
Bullia mauritania	Gray, 1839	sableux	intertidal
Bullia rogersi	Smythe in Smythe & Chatfield, 1981	sableux	indéterminé
Bullia semiplicata	Gray in Griffith & Pidgeon, 1834	sableux	intertidal

espèce	auteurs	milieu	étage
		GASTEROPODES	
Cantharus spiralis	(Gray, 1846)	rocheux/sableux	intertidal
Cantharus undosus	(Linné, 1758)	rocheux	indéterminé
Cassidula nucleus	(Gmelin, 1791)	mangrove	intertidal strict
Cellana rota	(Gmelin, 1791)	rocheux	intertidal strict
Cerithidea cingulata	(Gmelin, 1791)	vaseux	intertidal strict
Cerithium caeruleum	Sowerby, 1855	rocheux	intertidal strict
Cerithium nodulosum	Bruguière, 1792	sableux	intertidal strict
Cerithium scabridum	Philippi, 1848	sableux/vaseux	intertidal strict
Clanculus pharaonius	(Linnaeus, 1758)	sableux	intertidal
Clanculus sp.		rocheux	intertidal
Clypeomorus bifasciatus	(Sowerby, 1855)	rocheux	intertidal
Columbella aspersa	Sowerby, 1844	indéterminé	indéterminé
Conus cf. *parvatus*	Wils, 1986	rocheux	intertidal
Conus chaldeus	Hwass, 1792	sableux	indéterminé
Conus ebraeus	Linnaeus, 1758	sableux	indéterminé
Conus miles	Linné, 1758	sableux	indéterminé
Conus sp.		sableux	indéterminé
Conus striatus	Linnaeus, 1758	sableux	indéterminé
Crepidula walshi	Reeve, 1859	indéterminé	intertidal / infralittoral
Cronia cf. *konkanenis*	(Melvill, 1893)	rocheux	intertidal
Cronia cf. *margariticola*	(Broderip, 1833)	rocheux	intertidal
Cymatium aquatile	(Reeve, 1844)	sableux	indéterminé
Cymatium parthenopeum	(von Salis, 1793)	rocheux	intertidal / infralittoral
Cymatium pileare	(Linnaeus, 1758)	rocheux	intertidal
Cymatium sp.		indéterminé	indéterminé
Cypraea grayana	Schilder, 1930	rocheux	intertidal / infralittoral
Cypraea onyx ciccinta	Linnaeus, 1758	rocheux	intertidal / infralittoral
Cypraea sp.		rocheux	intertidal / infralittoral
Diodora funiculata	(Reeve, 1850)	rocheux	intertidal / infralittoral
Diodora singaporensis	(Reeve, 1850)	rocheux	intertidal / infralittoral
Drupa cf. *ricinus*	(Linné, 1798)	indéterminé	indéterminé
Engina alveolata	(Kiener, 1836)	rocheux	intertidal
Engina mendicaria	(Linné, 1798)	rocheux	intertidal
Engina zea	Melvill, 1893	rocheux	intertidal
Euchelus cf. *asper*	(Gmelin, 1791)	rocheux	intertidal
Ficus sp.		sableux	infralittoral
Ficus subintermedia	(Orbigny, 1852)	sableux	infralittoral
Ficus variegata	Röding, 1798	sableux	infralittoral
Fusinus towsendi	(Melvill, 1899)	indéterminé	indéterminé
Hexaplex kuesterianus	(Tapparone-Canefri, 1875)	rocheux	intertidal
Hipponix sp.		indéterminé	intertidal
Impages hectica	(Linné, 1758)	sableux	intertidal
Lambis truncata sebae	(Kiener, 1843)	sableux	indéterminé
Littoraria intermedia	(Philippi, 1846)	rocheux/mangrove	intertidal
Lunella coronata	(Gmelin, 1791)	rocheux	intertidal
Medusafissurella melvilli	(Sowerby, 1882)	rocheux	intertidal
Melampus castaneus	(Mühlfeld, 1816)	mangrove	intertidal
Melanoides tuberculata	(O.F. Müller, 1774)	indéterminé	terrestre
Mitra aurantia aurantia	(Gmelin, 1791)	sableux	indéterminé
Mitra aurantia subruppeli	Finlay, 1927	sableux	indéterminé
Mitra aurantia subruppeli	Finlay, 1927	sableux	indéterminé
Mitra mitra	(Linnaeus, 1758)	indéterminé	
Mitra sp.		sableux	intertidal
Mitrella blanda	(Sowerby, 1844)	rocheux	intertidal
Modulus ketum	(Gmelin, 1791)	sableux	infralittoral
Morula granulata	(Duclos, 1832)	rocheux	intertidal
Murex scolopax	Dillwyn, 1817	rocheux	intertidal
Nassarius arcularia plicatus	(Röding, 1798)	sableux	intertidal
Nassarius castus	(Gould, 1850)	vaseux	intertidal

espèce	auteurs	milieu	étage
	GASTEROPODES		
Nassarius coronatus	(Bruguière, 1789)	sableux	intertidal
Nassarius gemuliferus	(A. Adams, 1852)	rocheux	intertidal
Nassarius marmoreus	(A. Adams, 1852)	rocheux	intertidal
Nassarius persicus	(Martens, 1874)	vaseux	intertidal
Nassarius plicatus	(Röding, 1798)	sableux	intertidal
Nassarius sp.		sableux/vaseux	intertidal
Nassarius splendidulus	(Dunker, 1846)	sableux	intertidal
Natica alapapilionis	(Röding, 1798)	sableux	intertidal
Natica cernica	Jousseaume, 1874	sableux	intertidal
Natica gualteriana	Récluz, 1843	sableux	intertidal
Natica pulicaris	Philippi, 1852	sableux	intertidal
Natica sp.		sableux	intertidal
Naticinae		sableux	intertidal
Nerita albicilla	Linnaeus, 1758	rocheux	intertidal strict
Nerita debilis	Dufo, 1840	rocheux	intertidal strict
Nerita longii	Récluz, 1841	rocheux	intertidal strict
Nerita polita orbignyana	Récluz, 1841	rocheux	intertidal strict
Nerita sp.		rocheux	intertidal strict
Nerita textilis	Gwmelin, 1791	rocheux	intertidal strict
Neverita didyma	(Röding, 1798)	sableux	intertidal strict
Oliva bulbosa	(Röding, 1798)	sableux	intertidal
Oliva sp.		sableux	intertidal
Osilinus kotschyi	(Philippi, 1849)	rocheux/vaseux	intertidal
Patella flexuosa	Quoy & Gaimard, 1834	rocheux	intertidal
Planaxis sulcatus	(Born, 1780)	rocheux/vaseux	intertidal strict
Pleurocopa trapezium	(Linné, 1758)	sableux	intertidal
Polinices cf. *aurantius*	(Röding, 1798)	sableux	intertidal
Polinices mammilla	(Linnaeus, 1758)	sableux	indéterminé
Polinices sp.		sableux	indéterminé
Potamides conicus	(Blainville, 1826)	vaseux/mangrove	intertidal strict
Prunum terverianum	(Petit, 1851)	sableux	intertidal
Purpura panama	Röding, 1798	rocheux	intertidal strict
Pyrene propinqua	(Smith, 1891)	sableux	indéterminé
Rhinoclavis kochi	(Philippi, 1848)	sableux	intertidal
Scalptia sp.		indéterminé	infralittoral
Scutus unguis	(Linné, 1758)	rocheux	intertidal
Siphonaria savignyi	Krauss, 1848	rocheux	intertidal strict
Smaragdia souverbiana	(Montrouzier, 1863)	vaseux	intertidal / infralittoral
Strigatella litterata	(Lamarck, 1811)	rocheux	intertidal
Strombus gibberulus	Linné, 1758	sableux	intertidal
Strombus mutabilis	Swainson, 1821	rocheux/sableux	intertidal
Strombus persicus	Swainson, 1821	sableux	intertidal
Strombus sp.		sableux	intertidal
Taphon striatum	(Sowerby, 1833)	sableux	infralittoral
Telescopium telescopium	(Linnaeus, 1758)	mangrove	intertidal strict
Terebra nebulosa	Sowerby, 1825	indéterminé	indéterminé
Terebralia palustris	(Linné, 1767)	mangrove	intertidal strict
Thaidinae		rocheux	intertidal
Thais alouina	(Röding, 1798)	rocheux	intertidal
Thais bimaculata	(Jonas, 1845)	rocheux	intertidal
Thais lacera	(Born, 1778)	rocheux	intertidal
Thais savignyi	(Deshayes, 1844)	rocheux	intertidal
Thais tissoti	(Petit, 1853)	rocheux	intertidal
Tonna luteostoma	(Küster, 1857)	sableux	infralittoral
Tonna olearium	(Linné, 1758)	sableux	infralittoral
Tonna sp.		sableux	infralittoral
Trochoidea		rocheux	intertidal
Trochus erithreus	Brocchi, 1823	rocheux	intertidal
Trochus sp.		rocheux	intertidal

espèce	auteurs	milieu	étage
	GASTEROPODES		
Turbo radiatus	Gmelin, 1791	rocheux	intertidal
Turbo sp.		rocheux	intertidal
Turritella columnaris	Kiener, 1844	vaseux	infralittoral
Turritella maculata	Reeve, 1849	indéterminé	infralittoral
Turritella sp.		sableux	infralittoral
Tutufa bardeyi	(Jousseaume, 1894)	indéterminé	infralittoral
Umbonium vestiarium	(Linné, 1758)	sableux	intertidal
Zootecus insularis	(Ehrenberg, 1831)	aride	terrestre
espèce	**auteurs**	**milieu**	**étage**
	AUTRES		
Chiton sp. (Polyplacophora)		rocheux	intertidal / infralittoral
Dentalium octangulatum (Scaphopoda)	Donovan, 1803	sableux	intertidal / infralittoral
Balanus sp. (crustacé)		rocheux	

Références :	**Sujet :**
(Balaparameswara et Sukumar, 1979)	*Cerithidea cingulata*
(Brown et Wright, 1980 ; Brown et Gallagher, 1985)	Mollusques d'eau douce
(Bouniol, 1982)	Cerithioidea
(Mccain, 1984a ; b)	Faune intertidale et benthique de l'Arabie saoudite
(Dekker *et al.*, 1992)	Turbinidae
(Oliver, 1992)	Bivalves de mer rouge
(Moolenbeek et Dekker, 1993 ; 1994)	Nassaridea Turbinidea
(Moolenbeek et Dance, 1994)	*Anachis donnae*
(Bosch *et al.*, 1995)	Bivalves et gastéropodes marins d'Arabie
(Smits et Moolenbeek, 1995)	Turbinidae
(Neubert, 1998)	Mollusques terrestres et d'eau douce
(Jensen *et al.*, 1999)	*Littoraria intermedia*

Liste des principales références bibliographiques utilisées pour l'identification des mollusques marins, fluviatiles et terrestres.

4 SWY 1

4.1 Fragmentation

taxons gastéropodes	NR entier	%	taxons gastéropodes	NR entier	%
Anachis faurati	3	0,6	*Nassarius arcularia plicatus*	2	0,4
Ancilla castanea	5	0,9	*Nassarius coronatus*	12	2,2
Cantharus spiralis	1	0,2	*Nassarius marmoreus*	9	1,7
Cantharus undosus	1	0,2	*Nassarius persicus*	43	7,9
Cassidula nucleus	3	0,6	*Nassarius* sp.	2	0,4
Cerithidea cingulata	6	1,1	*Nassarius splendidulus*	1	0,2
Cerithium scabridum	15	2,8	*Natica cernica*	1	0,2
Clypeomorus bifasciatus	40	7,4	*Natica pulicaris*	3	0,6
Conus sp.	8	1,5	*Nerita* sp.	234	43,0
Crepidula walshi	3	0,6	*Oliva* sp.	7	1,3
Cronia cf. *margariticola*	4	0,7	*Osilinus kotschyi*	16	2,9
Cypraea sp.	9	1,7	*Polinices* cf. *aurantius*	20	3,7
Engina alveolata	6	1,1	*Polinices* sp.	1	0,2
Engina mendicaria	10	1,8	*Rhinoclavis kochi*	1	0,2
Euchelus cf. *asper*	2	0,4	*Strigatella litterata*	1	0,2
Hexaplex kuesterianus	2	0,4	*Strombus mutabilis*	2	0,4
Littoraria intermedia	3	0,6	*Strombus persicus*	2	0,4
Melampus castaneus	3	0,6	*Thais lacera*	2	0,4
Mitra aurantia subruppeli	1	0,2	*Thais tissoti*	52	9,6
Mitrella blanda	4	0,7	*Trochus erithreus*	2	0,4
Morula granulata	2	0,4	**Total**	544	100

Pourcentage de coquilles trouvées entières, pour chaque espèce de gastéropode surle site de SWY 1. Les taxons du genre *Nerita* sp. et autres petits gastéropodes tels que *Thais tissoti, Nassarius persicus* et *Clypeomorus bifasciatus* sont majoritaires.

4.2 Répartition en fonction de l'écologie

Phases	PHASE 5								PHASE 4						
US	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	15	16	17
indéterminé	0,4	0	0,1	0	0,6	0	1	1,9	1,7	2,8	3	1,7	2,7	0,4	0,2
infralittoral	0	0	0	0,2	0	0,2	0,3	0	0	0	0,1	0	0	0	0
intertidal	31,2	68,3	8,2	6,8	15,6	16,3	30,2	37,5	41,7	40,7	41,2	19,3	27	26,7	23,1
intertidal / infralittoral	65,3	25,9	86	81,3	46,9	32,8	27,8	33,2	44,3	52,7	53,5	75,5	65,4	70,5	73,2
intertidal strict	3,1	5,8	5,6	11,7	36,9	50,7	40,7	27,4	12,2	3,9	2,2	3,6	4,9	2,4	3,4
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Phases	PHASE 3				PHASE 2							PHASE 1		
US	18	19	20	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	33
indéterminé	0,4	0,1	1,2	0,1	1,5	0,9	2,2	0	0,5	0	1	0,7	0	0,5
infralittoral	0,1	0,1	0	0,1	0	0,4	0	0	0	0	0,2	0,5	0	0
intertidal	7,4	2,1	2,3	2,2	76,5	46,8	53,9	15,2	22,7	25,9	34,8	19,3	15,9	8,3
intertidal / infralittoral	90,1	96,4	95,6	95,2	5,9	44,6	37,3	75,2	70,6	69,4	51,1	41,1	31,9	10,6
intertidal strict	2,1	1,4	0,9	2,4	16,2	7,3	6,6	9,5	6,2	4,6	12,9	38,4	52,2	80,6
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Répartition des restes malacologiques en pourcentage par unité stratigraphique en fonction de l'étage bathymétrique (excepté les huîtres appartenant à l'étage intertidal) pour SWY 1. Les cases grises indiquent le pourcentage maximum pour chaque US.

Phase	PHASE 5b				PHASE 5a				PHASE 4b			PHASE 4a			
Milieu	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**11**	**12**	**13**	**15**	**16**	**17**
ind.	0,11	0	0	0	0,56	0	0	0,56	0,58	0,19	0,16	0	0	0	0,23
Mangrove	0,55	2,42	3,39	7,61	30,73	39,95	25,11	20,26	9,62	1,33	0,47	0,55	1,86	0,45	0
mangrove / vaseux	0,55	0,97	0,22	0,63	0,56	1,44	2,54	2,63	1,17	0,47	0,31	1,1	0,41	0	1,36
Rocheux	31,32	68,04	9,44	8,24	21,79	23,44	42,6	44,09	45,77	47,91	52,32	30,03	34,64	33,81	25,85
Vaseux	62,09	25,18	85,08	80,82	43,02	30,62	24,36	27,2	38,48	48,39	44,62	66,67	60	62,36	71,43
rocheux / mangrove	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0	0	0
rocheux / sableux	0	0	0	0,16	0	0	0	0	0,29	0	0	0	0	0	0
rocheux / vaseux	0,66	0	0,22	0,32	0,56	1,2	1,2	0,56	0	0,28	0	0,28	0,41	0,36	0,45
Sableux	1,65	2,18	1,15	1,58	2,23	1,67	2,69	3	2,92	0,85	0,86	0,55	1,65	1,07	0,23
sableux / vaseux	3,08	1,21	0,5	0,63	0,56	1,67	1,49	1,69	1,17	0,57	1,18	0,83	1,03	1,96	0,45
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Phase	PHASE 3				PHASE 2a			PHASE 2b				PHASE 1		
Milieu	**18**	**19**	**20**	**22**	**23**	**24**	**25**	**26**	**28**	**29**	**30**	**31**	**32**	**33**
Ind.	0,24	0	0	0	0	1,29	0,44	0	0,54	0	0,95	0,24	0	0,92
mangrove	0	0,06	0	0,07	0	2,15	2,19	0,95	0,81	0,46	0	0,24	0,88	0,46
mangrove / vaseux	0,73	0,56	0,29	0,58	8,82	2,58	0	1,9	1,08	0	0,72	0,98	1,77	0
rocheux	8,12	2,3	4,39	4,26	77,94	54,94	59,21	32,38	37,63	42,59	58,71	62,59	84,96	94,01
Vaseux	89,21	96,09	94,44	93,42	2,94	32,62	32,46	62,86	56,99	55,56	35,8	31,3	4,42	3,69
rocheux / mangrove	0	0	0	0	0	0,86	0	0	0,13	0	0	0,24	0,88	0
rocheux / sableux	0	0	0	0	0	0,43	0	0	0,13	0	0	0	0	0
rocheux / vaseux	0,12	0,12	0	0,29	2,94	2,15	2,63	0,95	1,34	0,46	2,15	1,47	5,31	0
sableux	0,61	0,62	0,29	0,43	4,41	1,29	0,44	0	0,27	0,93	0,95	2,44	0	0,92
sableux / vaseux	0,97	0,25	0,58	0,94	2,94	1,72	2,63	0,95	1,08	0	0,72	0,49	1,77	0
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Répartition des restes malacologiques de SWY 1 en pourcentage par US, en fonction du milieu de provenance des taxons.

4.3 Calcul du NMI

En gris sont indiquées les parties de la coquille retenues pour la réalisation du NMI

Abréviations utilisées :

QE Quasi-entier

Pour les gastéropodes :
Col Columelle
Dt Dernier tour
L Labre
T Tour
Siph Siphon
Op Opercule

Pour les bivalves :
VG Valve gauche
VD Valve droite
Vsup Valve supérieure
Vinf Valve inférieure
Att Attache
Ba Bord antérieur
Bv Bord ventral
Bp Bord postérieur

US 1

US 1	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	106	204				2			17	3												
Anadara erythraeonensis			3	1	2	1	1		2	2	2											
Anadara sp.									3													
Anadara sp. 1			4	10	4	2		2	7	6	4	1										
Cerithidea cingulata													3						5		1	
Cerithium scabridum													4						5		3	5
Clypeomorus bifasciatus																					3	
Columbella aspersa																						
Conus sp.													1	1	1		1					
Cymatium sp.																1						
Cypraea sp.															5	4	1					
Engina alveolata																						1
Hexaplex kuesterianus														1								
Lunella coronata													94	149						273		
Marcia marmorata	5	6				1			2													
Marcia opima	6	75			1	1	1		22	5												
Melampus castaneus																						

US 1	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Meretrix sp.1	56	224				1			12													
Murex scolopax																	1					
Nassarius coronatus														1	1	1	1					
Nassarius persicus																						1
Nerita sp.																					1	5
Noetiella chesneyi			1	1																		
Planaxis sulcatus																					6	
Pleurocopa trapezium																		1	1			
Polinices cf. *aurantius*													2	2	1			2	2			
Polinices sp.														1	1		1	1				
Protapes sp.		3																				
Strombus persicus													3	7	6	2			13			
Strombus sp./*Conus* sp.														4								
Terebralia palustris														2	1			5	5			
Thaidinae													1	11								
Thais lacera													7	24	32		26	7				
Thais savignyi																						
Thais tissoti													4	1	5		3					1
Tivela ponderosa									4													
Veneridae									1													

US 2

US 2	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella				1		4			33	14												
Anadara sp.									1													
Cerithidea cingulata													3		1				4		3	2
Cerithium scabridum													4						4			3
Clypeomorus bifasciatus													1						1			1
Cypraea sp.													2		2	2						
Lunella coronata													87	146						149		
Marcia marmorata									1													
Marcia opima						5			33	16												
Meretrix sp.1						3			36	3												
Nassarius sp.													1	1	1				1			
Nassarius splendidulus																						
Nerita sp.																					2	4
Noetiella chesneyi				1																		
Osilinus kotschyi																						1
Polinices cf. *aurantius*													2	2				2	2			
Strombus mutabilis													1									
Strombus persicus													5	7	6				7			
Strombus sp./*Conus* sp.														4								
Terebralia palustris														8			1	10	10			
Thaidinae														9								
Thais lacera													9	31	27		29	10				
Thais tissoti													3	4	8		4	3				
Tutufa bardeyi																		1				
Veneridae									1													

US 3

US 3	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	117	169		1																		
Anadara natalensis				1																		
Anadara sp.	3		3	2	1	2			1	1	1											
Anadara sp. 1		1																				
Ancilla castanea																					1	
Asaphis violascens									1													
Cerithidea cingulata													2						3		2	
Cerithium scabridum													2						2		4	
Circenita callipiga	1																					
Clypeomorus bifasciatus																					1	
Cypraea sp.													1		8	5						
Engina alveolata																						2
Hexaplex kuesterianus														2			2					
Littoraria intermedia																					2	
Lunella coronata													15	47						64		
Marcia marmorata	7	6																				
Marcia opima	107	664		2																		
Meretrix sp.1	138	332		1					2	1												
Nassarius persicus																					1	
Nassarius splendidulus																						1
Nerita sp.																					1	16
Noetiella chesneyi	1	3	4	1		1	1	1														
Oliva sp.																					1	
Planaxis sulcatus																					3	
Pleurocopa trapezium														1			1	1				
Polinices cf. *aurantius*													4	4	3			3	3			
Protapes sp.		2																				
Strombus persicus													4	6	3				10			
Strombus sp./*Conus* sp.														2								
Terebralia palustris													6	18	7	2	5	45	39			
Thaidinae													2	8								
Thais lacera													15	19	17		24	6				
Thais savignyi																						
Thais tissoti													5	8	14		13	3				7
Tivela ponderosa	1	1																				
Trochus erithreus																						1
Umbonium vestiarium																					2	

US 4

US 4	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	132	150																				
Anachis faurati																						1
Anadara erythraeonensis					1	1	1															
Anadara sp.			1																			
Anadara sp. 1	1		1																			
Ancilla sp.																					1	
Babylonia spirata														1	1			1	1			
Cantharus spiralis																						1
Cerithidea cingulata													2						4		4	1
Cerithium nodulosum adansonii																					1	
Cerithium scabridum													4						4		4	
Chlamys sp.												1										
Clypeomorus bifasciatus																						1
Cypraea sp.															2	2	1					
Hexaplex kuesterianus															2							

US 4	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Lunella coronata													14	5						15		
Marcia marmorata		2																				
Marcia opima	78	205																				
Meretrix sp.1	69	153																				
Nassarius persicus																						1
Naticinae													1	1	1		1		1			
Nerita sp.																					2	9
Noetiella chesneyi	1		2	5	1				1		1	1										
Osilinus kotschyi																						1
Planaxis sulcatus																					2	
Polinices cf. *aurantius*													1	2				2	1			
Strombus persicus													3	5	2				3			
Strombus sp./*Conus* sp.														2								
Terebralia palustris													6	23	7		7	48	41			
Thaidinae														2								
Thais lacera													3	4	3		2	3				
Thais tissoti													2	2	9		2	3			2	
Tivela ponderosa									1													

US 5

US 5	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	18	31																				
Ancilla sp.																					2	
Barbatia foliata / decussata									1			1										
Barbatia oblicata			1																			
Barbatia sp.										1												
Cerithidea cingulata													1						1		1	
Cerithium scabridum																			1		1	1
Clypeomorus bifasciatus																					1	
Cymatium sp.															1	1	1					
Cypraea sp.															4	4						
Dosinia pubescens	1																					
Engina mendicaria																						1
Hexaplex kuesterianus														1	1		1	1				
Littoraria intermedia																					5	
Lunella coronata													11	5						7		
Marcia marmorata	1	4				1																
Marcia opima	5	33																				
Meretrix sp.1	5	9																				
Nassarius coronatus																						1
Nassarius persicus																						2
Nerita sp.																					4	4
Noetiella chesneyi	3	2	2	3					1	1	1	2										
Oliva bulbosa																					1	
Planaxis sulcatus																					1	
Polinices cf. *aurantius*													1	1				1	1			
Strombus persicus													1	2	1				1			
Strombus sp./*Conus* sp.																						
Terebralia palustris													11	34	12	3	9	50	46			
Thais lacera													2	1	1		1					

US 6

US 6	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	10	28		1		4			12	1												
Anachis faurati																					1	
Anadara natalensis				1																		
Anadara sp.				1																		
Anadara sp. 1				1																		
Anodontia edentula									1													
Barbatia foliata / decussata				2																		
Barbatia oblicata			1									1										
Cerithidea cingulata													6		1				6		2	1
Cerithium scabridum													3		1				4		1	
Chlamys senatoria		1																				
Clypeomorus bifasciatus													1						1		2	
Conus sp.													1								2	
Cypraea sp.															3	2						
Engina mendicaria																					2	
Hexaplex kuesterianus													1	1	4		1					
Littoraria intermedia																					10	
Lunella coronata													19	19						36		
Marcia marmorata	4	14				3		1	10	2												
Marcia opima		21	1						18	7		1										
Meretrix sp.1	1	21	1						3													
Nassarius sp.																						1
Natica cernica																						1
Nerita sp.																					4	6
Nerita textilis															1							
Noetiella chesneyi			25	16	1	1	1	3	1	3	2	2										
Planaxis sulcatus																					5	
Rhinoclavis kochi																						1
Strombus persicus													3	4	1				3			
Strombus sp./*Conus* sp.														1								
Terebralia palustris													21	69	15	5	18	157	142			
Thais lacera													2	2	7		1	2				
Thais tissoti													5	3	3		2	2				
Umbonium vestiarium																					1	

US 7

US 7	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	26	50				3			25	4												
Anachis faurati																						1
Anadara sp.									1													
Anadara sp. 1				1																		
Ancilla castanea																						1
Architectonica sp.																					3	
Asaphis violascens																						
Barbatia foliata / decussata	1																					
Barbatia oblicata										1		2										
Cassidula nucleus																					1	
Cerithidea cingulata													12		2				17		14	1
Cerithium scabridum													6		3				8		3	1
Chlamys towsendi			1																			
Clypeomorus bifasciatus													3						3		22	9
Conus sp.													2								3	1
Cypraea sp.													3		24	16	2				1	4
Diodora singaporensis																					1	
Engina alveolata														1	1							1

US 7	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Engina mendicaria																					1	2
Euchelus cf. *asper*														1	1	1		1	1			
Hexaplex kuesterianus													5	3	3		4	1				
Littoraria intermedia																					49	
Lunella coronata													68	29						113		
Marcia marmorata	10	18	1			7			29	14												
Marcia opima	5	14				1			12	1												
Melampus castaneus																						1
Meretrix sp.1		6							2													
Mitrella blanda																					8	
Nassarius coronatus																						1
Nassarius marmoreus																						3
Nassarius persicus													1	1	1			1	1		5	4
Nassarius sp.																						1
Natica pulicaris																						2
Nerita sp.																					10	48
Noetiella chesneyi	27	19	25	34	4	3	2	1	3	11	8	9										
Oliva sp.																					1	
Osilinus kotschyi													1									1
Planaxis sulcatus																					7	
Polinices cf. *aurantius*													5	5	3			5	4		7	5
Protapes sp.	9	4																				
Prunum terverianum																					3	
Strigatella litterata																						1
Strombus persicus														1					1		1	
Terebralia palustris													8	72	23	7	5	119	108			
Thaidinae														6								
Thais lacera													10	10	17		10	5			1	
Thais tissoti													4	3	5		4	2			1	7
Tonna sp.															1		1					
Trochus erithreus																						1
Umbonium vestiarium																					1	

US 8

US 8	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	31	50	2			3			15	4												
Anachis faurati																					2	
Anadara natalensis				3																		
Ancilla castanea																					2	
Asaphis violascens									1													
Barbatia foliata / decussata			4	4					1	1	1	2										
Barbatia oblicata				1								3										
Cassidula nucleus																						1
Cerithidea cingulata													10		3				14			
Cerithium scabridum													6						6		2	
Clypeomorus bifasciatus													2		3				2		2	4
Conus sp.													1									3
Crepidula walshi																						2
Cronia cf. *margariticola*																						1
Cymatium sp.																1					1	
Cypraea sp.													4		26	18						
Engina alveolata																						1
Hexaplex kuesterianus													1	2	6		2					
Littoraria intermedia																					69	
Lunella coronata													63	15						41		
Marcia marmorata	16	23			1	17		1	34	13	1	5										
Marcia opima	5	4	2	6					2	1												
Melampus castaneus																						1
Mitra aurantia subruppeli																						1

US 8	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Mitrella blanda															4				1			4
Nassarius coronatus														1	1							1
Nassarius marmoreus																						4
Nassarius persicus													1	1	2	1	1	2	2		6	6
Nassarius splendidulus																					1	
Nerita sp.																					11	55
Noetiella chesneyi			14	21		2	1	3	2	4	4	4										
Oliva sp.																					1	1
Osilinus kotschyi																						4
Plagiocardium pseudolima									1	1												
Planaxis sulcatus																					3	
Polinices cf. *aurantius*													3	3				3	3		4	2
Protapes sp.	3	6																				
Prunum terverianum																					2	
Strombus persicus													2	4	2				2		1	
Strombus sp./*Conus* sp.														16								
Terebralia palustris													8	22	4		2	39	35			
Thaidinae														3								
Thais lacera													17	10	7		11	3	1		2	
Thais savignyi																						
Thais tissoti													5	5	5		5	4			3	
Turritella maculata														1					1			
Veneridae									7													

US 9

US 9	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	36	43																				
Anadara natalensis				3																		
Babylonia sp.													1	1				1	1			
Barbatia foliata / decussata							1															
Barbatia oblicata								1	2													
Cassidula nucleus																						1
Cerithidea cingulata													2						4		1	
Cerithium scabridum													1						1		1	
Clanculus sp.																						
Clypeomorus bifasciatus													1						1		1	1
Conus sp.																						1
Cronia cf. *margariticola*																						1
Cymatium sp.															2	2						
Cypraea sp.													2	1	21	12						1
Hexaplex kuesterianus														1	7		2					
Littoraria intermedia																					19	
Lunella coronata													67	19						35		
Lutraria australis		1																				
Marcia marmorata	54	75																				
Marcia opima	5	5																				
Meretrix sp.1		2																				
Mitrella blanda																					1	
Nassarius coronatus													1	1				1	1		2	1
Nassarius marmoreus																						1
Nassarius persicus														1	1	1		1			3	4
Nassarius splendidulus																					1	
Nerita sp.																						14
Noetiella chesneyi	1	1	6	4	1	1	1															
Oliva sp.																					1	2
Osilinus kotschyi																					1	
Polinices cf. *aurantius*													1	2				2	1			4
Polinices sp.																					1	
Protapes sp.	10	4																				

US 9	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Strombus gibberulus																	1					
Strombus mutabilis																						1
Strombus persicus														2	4				1		2	
Terebralia palustris													5	12	2			14	14			
Thais lacera													13	12	22		12	8				
Thais tissoti													2	1	3		1				1	4

US 11

US 11	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	80	89							2			2										
Anadara erythraeonensis				1																		
Anadara natalensis	2	1			1	2	1		1	1												
Anadara sp.									1													
Anadara sp. 1			1		1				2	2												
Ancilla castanea																						1
Ancilla sp.													1	1			1		1			
Architectonica sp.																					1	
Barbatia foliata / decussata			2	2							1											
Barbatia oblicata				2								1										
Beguinat gubernaculum			1																			
Cassidula nucleus																						1
Cerithidea cingulata													1						5		5	
Cerithium scabridum															1						1	
Clypeomorus bifasciatus													3						3			3
Columbella aspersa														1	1	1	1	1				
Conus sp.																					1	
Cymatium sp.																1	1					
Cypraea sp.													18	2	63	14	2					
Hexaplex kuesterianus													1	5	3		7					
Littoraria intermedia																					10	
Lunella coronata													310	60						285		
Marcia marmorata	253	370				1			3	2												
Marcia opima	20	16																				
Melampus castaneus																						1
Meropesta pellucida	1																					
Mitrella blanda																					1	
Nassarius coronatus													1	1	1			1	1			
Nassarius persicus														2	2		1	2	1		3	2
Nerita sp.																					4	10
Noetiella chesneyi			14	7																		
Oliva sp.																						1
Planaxis sulcatus																					3	
Polinices cf. *aurantius*																						2
Protapes sp.	16	26																				
Scutus unguis																					1	
Strombus persicus													3	4	4				5		1	
Strombus sp./*Conus* sp.														4					1			
Terebralia palustris														2		1		4	4			
Thaidinae													1	12								
Thais lacera													8	17	7		16	4	1			
Thais savignyi														1	5		1	1				
Thais tissoti													6	2	8		4	3			1	5
Tivela ponderosa									1													

US 12

US 12	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	150	157																				
Anadara erythraeonensis		1	1																			
Anadara natalensis			3	6	2	1			3	3	2	1										
Anadara sp.									2													
Anadara sp. 1			3	3	1	1	1															
Ancilla sp.																					1	
Barbatia foliata / decussata			4						2													
Barbatia oblicata			1					1				2										
Cerithidea cingulata													4		1				4		2	
Cerithium scabridum																						1
Chlamys senatoria									1													
Chlamys towsendi									1	1												
Clypeomorus bifasciatus																					1	3
Conus miles																					1	
Crepidula walshi																						1
Cronia cf. *margariticola*																						1
Cypraea sp.													94	83	129	2	3				2	
Hexaplex kuesterianus														3			1	1				1
Littoraria intermedia																					2	
Lunella coronata													361	122						596		
Lutraria australis									1													
Marcia marmorata	269	369																				
Marcia opima	10	5																				
Meretrix sp.1	1																					
Meropesta pellucida		1																				
Mitrella blanda																					3	
Nassarius coronatus													1	1				1	1			
Nassarius marmoreus													1	1				1	1			1
Nassarius persicus																					1	2
Nerita sp.																					4	10
Noetiella chesneyi	2	1	4																			
Polinices cf. *aurantius*													3	4				4	3		1	1
Protapes sp.	29	36																				
Prunum terverianum																					1	
Strombus mutabilis													1									
Strombus persicus													3	4					4			
Strombus sp./*Conus* sp.														4					1			
Terebralia palustris													3	5	1		1	4	3			
Thaidinae													7	3	1							
Thais lacera													2	7	6		6	5				
Thais savignyi																						
Thais tissoti													9	5	17		6	3				6
Trapezium sublaevigatum				1																		
Trochoidea																1		1				

US 13

US 13	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	22	45																				
Anadara natalensis				1	1				1	1	1											
Anadara sp.									1													
Anadara sp. 1			2																			
Barbatia foliata / decussata			3	3				3	1			1										
Barbatia oblicata			4	1				2			1	1										
Cerithidea cingulata													3						4		3	
Cerithium scabridum																					1	
Clypeomorus bifasciatus													2						2		2	
Cypraea sp.													10	1	27	10						2
Hexaplex kuesterianus													2		2		1					1
Impages hectica																					1	
Littoraria intermedia																					1	1
Lunella coronata													37	21						61		
Marcia marmorata	108	185		3					2			2										
Marcia opima	3	1																				
Mitrella blanda																					2	
Morula granulata														1	1	1	1		1			1
Nassarius persicus																						2
Nerita sp.																					1	1
Noetiella chesneyi			6	6					1	1												
Planaxis sulcatus																					1	
Polinices cf. *aurantius*																						1
Protapes sp.	4	5																				
Strombus persicus													3	1				1	4		2	
Strombus sp./*Conus* sp.														3								
Thaidinae													2	5	1							
Thais lacera													2		3		1					
Thais tissoti														1	1			1				1

US 15

US 15	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTES								FRAGMENTES								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	41	45																				
Anadara natalensis				2	1				1	1	1											
Ancilla castanea														1	1		1				1	
Ancilla sp.																					1	
Barbatia foliata / decussata			2	3				1				1										
Barbatia oblicata			1	1		1						2										
Bullia mauritania																					1	
Cerithidea cingulata													2						2		1	
Cerithium scabridum													2						2			
Clypeomorus bifasciatus																					1	
Conus sp.													1								1	
Cypraea sp.													9	2	30	15	2				1	
Euchelus cf. *asper*																						1
Hexaplex kuesterianus														1								
Littoraria intermedia																					7	
Lunella coronata													66	39						126		
Marcia marmorata	141	217							1													
Marcia opima	12	13																				
Mitrella blanda																					6	
Nassarius coronatus														1				1	1		1	2
Nassarius persicus														2				2	2		3	1
Nassarius sp.													1	1				1	1			
Nerita sp.																						6
Noetiella chesneyi			10	12	1				1	1	1	1										

US 15	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTES								FRAGMENTES								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Osilinus kotschyi																					1	
Planaxis sulcatus																					2	
Protapes sp.	8	13																				
Strombus persicus													2	4	2				4			
Strombus sp./*Conus* sp.														5								
Terebralia palustris													2	2				2	2			
Thais lacera													2	3	8		5	2				
Thais tissoti													3	2	1		1	2				3
Tivela ponderosa				1																		

US 16

US 16	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	127	123				1																
Anadara erythraeonensis			1						1	1		1										
Anadara natalensis			1	3		1																
Anadara sp.									4													
Anadara sp. 1			5	7	7	4	3	2	5	5	4	1										
Barbatia foliata / decussata			4	6				1	1	2	1	1										
Barbatia oblicata			2	2				1														
Barbatia sp.								1				1										
Cerithium scabridum													2						2		3	
Clypeomorus bifasciatus													8		2				13		6	1
Conus sp.													1									1
Cypraea sp.													14	8	66	37	4					2
Engina mendicaria																						1
Hexaplex kuesterianus													2	1			1					
Littoraria intermedia																					3	2
Lunella coronata													174	73						332		
Marcia marmorata	369	542							2	1												
Marcia opima	32	27																				
Mitra aurantia aurantia													1	1					1			
Mitrella blanda																					10	
Nassarius coronatus													1	3	2	1	2	3	2		1	
Nassarius persicus														1	1			1	1		6	
Nassarius sp.																					2	
Nerita sp.																						8
Noetiella chesneyi			13	8					2	2	1	2										
Osilinus kotschyi																						3
Planaxis sulcatus																					4	
Pleurocopa trapezium																						
Polinices cf. *aurantius*													3	3				3	3			3
Polinices sp.																						1
Protapes sp.	7	4																				
Strombus gibberulus														1							1	
Strombus persicus													1	3	3				2			1
Strombus sp./*Conus* sp.														3								
Thaidinae														4								
Thais lacera													4	7	3		7					
Thais savignyi																						
Thais tissoti														2	4		2				1	2

US 17

US 17	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	15	24			2				14	2												
Anadara sp. 1		1																				
Barbatia foliata / decussata			4	5					1	1	1	2										
Barbatia oblicata			3																			
Cerithidea cingulata													6						6		3	
Cerithium scabridum													1						1		1	
Hexaplex kuesterianus													1				2					
Lunella coronata													69	22						95		
Marcia marmorata	78	118	1	7	45			5	122	56		13										
Marcia opima	1	3							27	2												
Mitrella blanda																					5	
Murex scolopax														1			1					
Nassarius persicus																					1	2
Nerita sp.																						4
Noetiella chesneyi			2	1						1	1	1										
Oliva sp.																						1
Osilinus kotschyi																					1	1
Paphia undulata									1			1										
Planaxis sulcatus																					2	
Strombus persicus															2			1	1			1
Thais lacera													1	4	1		5					
Thais tissoti													2		1							1

US 18

US 18	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	47	75																				
Anadara natalensis			3	4																		
Anadara sp. 1	1				1				1	1	1											
Ancilla castanea																						1
Barbatia foliata / decussata			1																			
Barbatia oblicata								1														
Cerithidea cingulata													6						6		3	
Cerithium scabridum													3						3		1	
Clanculus sp.																					1	
Clypeomorus bifasciatus													1						1		2	2
Conus sp.													1									
Cronia cf. *margariticola*																						1
Cymatium sp.																1						
Cypraea sp.													2		7	5	3		1			
Dosinia insularum				1																		
Engina mendicaria																						1
Euchelus cf. *asper*																						1
Hexaplex kuesterianus													2	1			1					
Lunella coronata													28	15						60		
Marcia marmorata	381	635																				
Marcia opima	17	20																				
Mitrella blanda																					2	
Murex scolopax															2	1						
Nassarius coronatus														1				1	1			
Nassarius persicus														4	4		4				3	1
Nassarius sp.																						
Nerita sp.																					1	2
Noetiella chesneyi			3	9					1													
Oliva sp.																					1	
Osilinus kotschyi																						3
Plagiocardium pseudolima		2																				

US 18	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Planaxis sulcatus																					1	
Polinices cf. *aurantius*													1	1				1	1			
Strombus persicus																					1	
Thaidinae														2				1				
Thais lacera													1	3								
Thais tissoti																						3
Tonna olearium																					1	
Trochus erithreus													1	2					2			

US 19

US 19	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	85	584																				
Anadara natalensis		1																				
Anadara sp.	1			1																		
Ancilla castanea																					1	
Barbatia foliata / decussata			2																			
Cerithidea cingulata													9						9		6	
Cerithium scabridum													2		1				2			
Chlamys towsendi						1																
Clypeomorus bifasciatus													2						2		3	
Conus sp.														1				1				
Cypraea sp.													2	2	7	5					1	
Engina alveolata														1	1	1	1		1			
Engina mendicaria																					1	
Hexaplex kuesterianus													3	2			2					
Littoraria intermedia																					1	
Lunella coronata													4	2						19		
Marcia marmorata	120	893																				
Marcia opima	43	68																				
Meretrix sp.1	1																					
Nassarius arcularia plicatus																					1	1
Nassarius coronatus														3	3	2	2	3				
Nassarius persicus													1	3	2	2	3		1		3	8
Nerita sp.																					1	1
Noetiella chesneyi			9	4																		
Oliva sp.															2	2	2					2
Osilinus kotschyi													2		1						1	
Polinices cf. *aurantius*													2	2				2	2			
Protapes sp.	4	1																				
Strombus sp./*Conus* sp.														3								
Thaidinae														3								
Thais lacera													1	9	2		10					
Thais tissoti																					1	3

US 20

US 20	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	41	64																				
Anadara erythraeonensis				1																		
Anadara sp.									1													
Ancilla sp.														1	1		1				1	
Barbatia foliata / decussata				1																		
Cerithidea cingulata													1						1		1	
Cypraea sp.													2		5	3						
Engina alveolata																					1	
Engina mendicaria																					1	
Hexaplex kuesterianus														2			2					
Lunella coronata													1									
Marcia marmorata	144	252																				
Marcia opima		3																				
Nassarius persicus																						1
Nassarius splendidulus														1	1	1	1					
Noetiella chesneyi			1	4							1	1										
Protapes sp.		4																				
Purpura panama														1	1		1					
Strombus persicus														1					1			
Thaidinae														2								
Thais lacera														4	1		2					

US 22

US 22	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	72	96							2													
Anadara erythraeonensis				1																		
Anadara natalensis	1								1			1										
Anadara sp.				1				1	2													
Architectonica sp.																					1	
Barbatia foliata / decussata			1	1																		
Barbatia oblicata								2														
Beguinat gubernaculum				3																		
Bullia mauritania																					1	
Cerithidea cingulata													5		2				8		1	
Cerithium scabridum													6						8		2	1
Chlamys senatoria												1										
Clypeomorus bifasciatus													3						3			3
Cypraea sp.													5		16	13						
Engina alveolata																						1
Hexaplex kuesterianus														1	5		2					
Littoraria intermedia																					1	
Lunella coronata													8	2						9		
Marcia marmorata	893	1096																				
Marcia opima	64	99																				
Mitrella blanda																					2	
Murex scolopax															1							
Nassarius persicus																					1	1
Nerita sp.																						1
Noetiella chesneyi			11	9					2	1	1	1										
Osilinus kotschyi													1									
Planaxis sulcatus																					3	
Polinices cf. *aurantius*														2				2			1	1
Strombus persicus														1	1							
Thaidinae														5								
Thais lacera													2	3	3		4					
Thais tissoti													2									
Umbonium vestiarium																					1	

US 23

US 23	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella									1													
Ancilla sp.														1	1		1					
Cantharus undosus																						1
Cerithidea cingulata													6		2				6		2	
Cerithium scabridum													1		1				2		1	
Clypeomorus bifasciatus															1				1			5
Cymatium sp.														1			1					
Cypraea sp.													2	1	3	7	2	5				
Engina mendicaria																					2	
Hexaplex kuesterianus													2	1	3		1					
Lunella coronata													26	11						33		
Mitrella blanda																					1	
Nassarius coronatus																						1
Nassarius persicus													1	1				1	1		3	1
Nerita sp.																					1	
Noetiella chesneyi			2																			
Osilinus kotschyi													2									
Strombus persicus													1	3	2				1			
Thaidinae													4	4								
Thais lacera													2	2	2		1					1
Thais tissoti													4	1								1

US 24

US 24	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	44	14																				
Anadara natalensis				1																		
Architectonica sp.																					1	
Barbatia foliata / decussata			1	3	1	1		1	1	1	2	3										
Barbatia oblicata			8	3				2				2										
Cerithidea cingulata													2						6		2	
Cerithium nodulosum adansonii													2									
Cerithium scabridum															3				3		2	
Clypeomorus bifasciatus																					1	1
Cymatium sp.														1	1	1	1					
Cypraea sp.															15	15						
Dosinia insularum			1	1																		
Euchelus cf. *asper*													1	2	2	2		1	2			
Hexaplex kuesterianus													1	2			3					
Littoraria intermedia																					3	
Lunella coronata													28	42						70		
Marcia marmorata	46	60						1														
Marcia opima	4	2																				
Nassarius coronatus															1	1	1					
Nassarius persicus																					1	
Nerita sp.																					2	1
Noetiella chesneyi			1	2	1	1	1															
Oliva sp.																					1	
Osilinus kotschyi													5						2		1	
Strombus mutabilis													1	1					1			1
Strombus persicus														1	1							
Terebralia palustris													1	1	1			2	1			
Thaidinae														7								
Thais lacera														5	3		7					
Thais tissoti													11	7	15		6				2	
Trapezium sublaevigatum				2																		
Trochus erithreus														4	4			1	4			
Tutufa bardeyi														1			1					

US 25

US 25	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	9	10																				
Ancilla sp.														1	1		1					
Barbatia foliata / decussata			1	1					1			1										
Barbatia oblicata				1	1	1	1	1	1	1		1										
Cerithidea cingulata													3	1	1						1	
Cerithium scabridum													4		1				6			
Clanculus sp.																					1	
Clypeomorus bifasciatus													1		1				1			
Cymatium sp.														1		1		1	1			
Cypraea sp.													1	2	11	11	2					
Euchelus cf. *asper*													1	1	4	3			1			
Hexaplex kuesterianus													1	1	1		1					
Littoraria intermedia																					5	
Lunella coronata													63	24						70		
Lutraria australis									1													
Marcia marmorata	30	57																				
Marcia opima		2																				
Nassarius coronatus																						3
Nassarius persicus																					1	
Nerita sp.																					3	2
Noetiella chesneyi			2	3					1	1												
Osilinus kotschyi													5		4				4		1	
Planaxis sulcatus																					1	
Protapes sp.		4																				
Thaidinae													2	6								
Thais lacera													1	3	1		4					
Thais tissoti													17	4	11		12	2				
Trochus erithreus														4	4		3	4	1			
Umbonium vestiarium																					1	

US 26

US 26	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	4	8																				
Anadara sp.								1														
Barbatia foliata / decussata			2		1	1	1	1														
Barbatia oblicata			2	1							1	1										
Cerithidea cingulata													2						2			
Cerithium scabridum																			1		1	
Clypeomorus bifasciatus													1						1			1
Conus sp.													1		1						1	1
Cypraea sp.													2		13				11			
Engina mendicaria																						3
Hexaplex kuesterianus													1		3							
Littoraria intermedia																					1	
Lunella coronata													5							6		
Marcia marmorata	33	52																				
Marcia opima		4																				
Morula granulata																						1
Nassarius coronatus																						1
Nassarius persicus													1	1				1	1		3	
Nerita sp.																					2	2
Noetiella chesneyi			1																			
Osilinus kotschyi														1	1	1	1					
Planaxis sulcatus																					1	
Potamides conicus													1						1			
Thais lacera													1	1	2							

US 28

US 28	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	16	23																				
Anadara sp.	1	2																				
Ancilla sp.														2	2		2				1	
Barbatia foliata / decussata	3	1						1														
Barbatia oblicata	3	2						1		1		1										
Cerithidea cingulata													2		2				8		3	1
Cerithium scabridum													5		5				6		6	3
Clypeomorus bifasciatus															1				2			1
Conus sp.																						1
Cymatium sp.														1		4	1					
Cypraea sp.													13	6	92	47	2					
Engina mendicaria																						2
Hexaplex kuesterianus													1	2	5			1				
Littoraria intermedia														1	1	1	1				6	
Lunella coronata													90	19						102		
Lutraria australis		1																				
Marcia marmorata	312	393							2													
Marcia opima	11	5																				
Mitrella blanda																					2	
Nerita sp.																					1	7
Noetiella chesneyi	17	10	3	7	1			1														
Osilinus kotschyi													8	3	4				3			1
Pinctada sp.					2																	
Planaxis sulcatus																					2	
Polinices cf. *aurantius*																						1
Protapes sp.	2																					
Strombus mutabilis																					1	
Strombus persicus													2	2					2			
Strombus sp./*Conus* sp.														3								
Terebralia palustris														1					1			
Thaidinae														15	1							
Thais lacera													11	25	9		22	1				1
Thais tissoti													4	1	5		4					3
Trapezium sublaevigatum				1																		
Trochus erithreus													1	2	1	1	1	2	1			

US 29

US 29	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	5	7																				
Ancilla castanea																						1
Barbatia foliata / decussata			2	2																		
Barbatia oblicata				1																		
Cerithidea cingulata															1						2	
Clypeomorus bifasciatus																						1
Conus sp.															2		1		1			
Cypraea sp.													1		27	17	6					
Fusinus towsendi																						
Hexaplex kuesterianus															1		2	1				
Littoraria intermedia																					1	
Lunella coronata													36	8						12		
Marcia marmorata	84	112																				
Marcia opima	4	1																				
Mitrella blanda																					1	
Nerita sp.																					1	1
Noetiella chesneyi			5	8		2	1			4	3	3										
Osilinus kotschyi																			3			

US 29	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Plagiocardium pseudolima									1													
Planaxis sulcatus																					1	
Polinices cf. *aurantius*														1				1				
Strombus persicus															1				1			
Strombus sp./*Conus* sp.														1								
Thaidinae														3								
Thais lacera													1	3	3		3					
Thais tissoti													2	3	2		2					1
Trochus erithreus														1	2			1				

US 30

US 30	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	15	23																				
Anachis faurati																						1
Ancilla sp.																					2	
Barbatia foliata / decussata			1	3			1	1				1										
Barbatia oblicata				1								1										
Cerithidea cingulata															2				3		3	
Cerithium scabridum													3						3		2	
Chlamys towsendi			1																			
Clypeomorus bifasciatus													1						1		2	2
Conus sp.													3		5		3		2			
Cymatium sp.																3						
Cypraea sp.													12	6	58	33	1					
Fusinus towsendi														1			1					
Hexaplex kuesterianus													1	1	3		1	1				
Lunella coronata													66	23						35		
Marcia marmorata	72	119			1	4			5	2	1											
Marcia opima	7	3																				
Nassarius coronatus														1	1	1	1	1			1	1
Nassarius persicus																						1
Naticinae																						
Nerita sp.																						7
Noetiella chesneyi			29	36	1	4	4	3	4	8	7	7										
Osilinus kotschyi													5	3	1				4			
Planaxis sulcatus																					4	
Strombus gibberulus																			1			
Strombus persicus													3	2	3				5			
Strombus sp./*Conus* sp.														3								
Thaidinae														19	1							
Thais lacera													10	37	43		37	3				
Thais savignyi															1							
Thais tissoti													1	1	2		2					2
Trapezium sublaevigatum			1																			
Trochus erithreus														2	3				2		1	

US 31

US 31	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Amiantis umbonella	17	20																				
Anadara sp.									2													
Architectonica sp.																					1	
Barbatia foliata / decussata				4						1												
Barbatia oblicata			2						1			2										
Cerithidea cingulata													4						4			
Cerithium scabridum															2						1	
Chlamys senatoria									1													
Clypeomorus bifasciatus															1				1		2	
Conus sp.													2		1							
Cymatium sp.															1							
Cypraea sp.													8	1	32	28						
Hexaplex kuesterianus													2	4	3	1		1				
Littoraria intermedia																					1	
Lunella coronata													41	11						28		
Marcia marmorata	58	97							2	2												
Marcia opima	12	8																				
Mitrella blanda															1							
Morula granulata																					1	
Murex scolopax															1		2					
Nassarius coronatus													1	1	1			1	1		1	
Nassarius sp.																					1	
Nerita sp.																					1	3
Noetiella chesneyi	3	5	109	92	5	15	13	16	13	12	15	12										
Osilinus kotschyi													1									
Plagiocardium pseudolima						1																
Planaxis sulcatus																					5	
Polinices cf. *aurantius*													3	3				3	3			
Purpura panama													1		1							
Strombus persicus														4	4							
Strombus sp./*Conus* sp.														4								
Thaidinae													3	18								
Thais lacera													18	7	24	4	6	2				
Thais savignyi															1							
Thais tissoti													1									1
Trapezium sublaevigatum			1	1																		
Trochus erithreus															3				2			
Turritella sp.																			1			

US 32

US 32	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Barbatia sp.						1		1														
Cerithidea cingulata															1				2			
Cerithium scabridum															1				2			
Clypeomorus bifasciatus																					1	
Conus sp.													3									
Cypraea sp.													7	1	31	20	7				1	
Hexaplex kuesterianus															1							
Lunella coronata													8	3						17		
Marcia marmorata						1			5	3												
Nassarius persicus																						1
Noetiella chesneyi			21	22		17	8	15	12	10	5	11										
Osilinus kotschyi													2	3	2				2			1
Planaxis sulcatus																					4	
Terebralia palustris													1	1				1	1			
Thaidinae													1	5								

US 32	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Thais lacera													2	2	2		2					
Thais savignyi															1							
Thais tissoti														1			1					
Trapezium sublaevigatum				1																		

US 33

US 33	BIVALVE												GASTEROPODE									
	QE		E		FRAGMENTE								FRAGMENTE								QE	E
					VD				VG													
	Vd	Vg	Vd	Vg	ATT	BA	BV	BP	ATT	BA	BV	BP	Apex	col	dt	l	sip	st	t	op		
Barbatia foliata / decussata					1			1	5													
Cerithium scabridum													1	3	2			3				
Circenita callipiga									1													
Conus sp.																		2				
Cypraea sp.													2		9	6	1					
Hexaplex kuesterianus													1	1	1	1	2					
Isognomon sp.					1																	
Littoraria intermedia																					1	
Lunella coronata													10	9						14		
Mactra lilacea									1													
Marcia marmorata	1	2			3	2			3	3	3											
Marcia opima					1				3													
Meretrix sp.1					1																	
Nassarius arcularia plicatus																					1	1
Nerita sp.																					1	
Noetiella chesneyi	175	162																				
Thais lacera													3	5	5			3				
Thais savignyi													1		2			3				
Thais tissoti														1								

4.4 Tableau récapitulatif du NMI

espèce/US	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	15	16	17
ESPECES PRINCIPALES	**Phase 5**								**Phase 4**						
Amiantis umbonella	221	34	170	150	31	40	75	65	43	91	157	45	45	123	38
Cypraea sp.	5	2	8	2	4	3	24	26	21	63	129	27	30	66	0
Littoraria intermedia	0	0	2	0	5	10	49	69	19	10	2	2	7	5	0
Lunella coronata	243	233	62	19	16	38	97	78	86	370	483	58	105	247	91
Marcia marmorata	8	1	6	2	4	24	47	63	75	373	369	190	218	544	247
Marcia opima	97	33	666	205	33	39	26	6	5	16	5	1	13	27	30
Meretrix sp.1	236	36	335	153	9	24	8	0	2	0	0	0	0	0	0
Nerita sp.	6	6	19	11	8	10	58	66	14	14	14	2	6	8	4
Noetiella chesneyi	1	0	6	4	5	30	62	17	8	14	6	6	10	13	2
Terebralia palustris	5	10	45	48	50	157	119	39	14	4	4	0	2	0	0
AUTRES GASTEROPODES															
Anachis faurati	0	0	0	1	0	1	1	2	0	0	0	0	0	0	0
Ancilla castanea	0	0	1	0	0	0	1	2	0	1	0	0	1	0	0
Architectonica sp.	0	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0
Babylonia spirata	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bullia mauritania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Cantharus spiralis	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cassidula nucleus	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0
Cerithidea cingulata	5	4	3	4	1	6	17	14	4	5	4	4	2	0	6
Cerithium nodulosum adansonii	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerithium scabridum	5	4	2	4	1	4	8	6	1	0	0	0	2	2	1
Clanculus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Clypeomorus bifasciatus	0	1	0	0	0	1	3	2	1	3	0	2	0	13	0
Columbella aspersa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Conus miles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Crepidula walshi	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0
Cronia cf. *margariticola*	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0
Cymatium sp.	1	0	0	0	1	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0
Cantharus undosus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Engina alveolata	1	0	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Engina mendicaria	0	0	0	0	1	2	3	0	0	0	0	0	0	1	0
Euchelus cf. *asper*	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Fusinus towsendi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hexaplex kuesterianus	0	0	0	2	1	4	3	6	7	3	0	2	0	0	0
Impages hectica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Melampus castaneus	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0
Mitra aurantia aurantia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Mitra aurantia subruppeli	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Mitrella blanda	0	0	0	0	0	0	8	4	1	1	3	2	6	10	5
Morula granulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Murex scolopax	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nassarius arcularia plicatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nassarius coronatus	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	3	0
Nassarius marmoreus	0	0	0	0	0	0	3	4	1	0	1	0	0	0	0
Nassarius persicus	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	2	1	0
Nassarius splendidulus	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Natica cernica	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Natica pulicaris	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Oliva bulbosa	0	0	1	0	1	0	1	2	3	1	0	0	0	0	1
Osilinus kotschyi	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0

espèce/US	1	2	3	4	5	6	7	8	9	11	12	13	15	16	17
AUTRES GASTEROPODES	**Phase 5**								**Phase 4**						
Planaxis sulcatus	6	0	3	2	1	5	7	3	0	3	0	1	2	4	2
Pleurocopa trapezium	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polinices cf. *aurantius*	2	2	4	2	1	0	5	3	3	0	4	0	0	4	0
Potamides conicus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Prunum terverianum	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	1	0	0	0	0
Purpura panama	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rhinoclavis kochi	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strigatella litterata	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Strombus gibberulus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Strombus mutabilis	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Strombus persicus	7	7	6	5	2	4	1	4	2	4	4	1	4	3	0
Thais lacera	24	31	19	4	1	2	10	11	12	17	7	0	3	7	4
Thais savignyi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Thais tissoti	5	8	14	9	0	3	5	5	3	8	17	1	1	4	1
Tonna sp.	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Trochus erithreus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Turritella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tutufa bardeyi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Umbonium vestiarium	0	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
AUTRES BIVALVES	**Phase 5**								**Phase 4**						
Anadara sp.	23	1	5	0	0	3	2	3	3	6	15	3	3	20	1
Anodontia edentula	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asaphis violascens	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Barbatia foliata / decussata	0	0	0	0	2	2	0	7	0	2	2	5	4	8	7
Barbatia oblicata	0	0	0	0	1	1	3	4	2	3	2	3	3	2	0
Beguinat gubernaculum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cardium pseudolima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlamys senatoria	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Chlamys towsendi	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Circenita callipiga	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diodora singaporensis	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Dosinia insularum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Isognomon sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Lutraria australis	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
Mactra lilacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Meropesta pellucida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Paphia undulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pinctada sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Plagiocardium pseudolima	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0
Protapes sp.	3	0	2	0	0	0	4	6	4	26	36	5	13	4	0
Scutus unguis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Tivela ponderosa	4	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Trapezium sublaevigatum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Total	910	413	1387	631	179	418	669	533	343	1054	1273	363	485	1121	441

espèce/US	18	19	20	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	33
ESPECES PRINCIPALES	**Phase 3**				**Phase 2**							**Phase 1**		
Amiantis umbonella	75	584	64	98	1	14	10	8	23	7	23	20	0	0
Cypraea sp.	7	7	5	16	3	15	11	13	92	27	58	32	31	9
Littoraria intermedia	0	1	0	1	0	3	5	1	6	1	0	1	0	1
Lunella coronata	43	6	1	10	37	70	87	5	109	44	89	52	11	14
Marcia marmorata	635	893	252	1096	0	60	57	52	395	112	124	99	5	5
Marcia opima	20	68	3	99	0	2	2	4	5	1	3	8	0	3
Meretrix sp.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nerita sp.	3	2	0	1	1	3	5	4	8	2	7	4	0	0
Noetiella chesneyi	4	9	1	13	2	3	3	1	22	7	37	143	50	175
Terebralia palustris	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0
AUTRES GASTEROPODES	**Phase 3**				**Phase 2**							**Phase 1**		
Anachis faurati	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ancilla castanea	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Architectonica sp.	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Babylonia spirata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bullia mauritania	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cantharus spiralis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cassidula nucleus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerithidea cingulata	6	9	1	8	6	6	0	2	8	0	3	4	2	0
Cerithium nodulosum adansonii	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerithium scabridum	3	2	0	8	2	3	6	1	6	0	3	0	2	0
Clanculus sp.	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Clypeomorus bifasciatus	1	2	0	3	1	0	1	1	2	0	1	1	0	0
Columbella aspersa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Conus miles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Crepidula walshi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cronia cf. *margariticola*	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cymatium sp.	1	0	0	0	0	1	1	0	4	0	3	0	0	0
Cantharus undosus	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Engina alveolata	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Engina mendicaria	1	1	1	0	2	0	0	3	2	0	0	0	0	0
Euchelus cf. *asper*	0	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0
Fusinus towsendi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Hexaplex kuesterianus	0	0	0	5	3	0	1	3	5	1	3	3	1	1
Impages hectica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Melampus castaneus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mitra aurantia aurantia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mitra aurantia subruppeli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mitrella blanda	2	0	0	2	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0
Morula granulata	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Murex scolopax	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nassarius arcularia plicatus	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Nassarius coronatus	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Nassarius marmoreus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Nassarius persicus	4	3	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Nassarius splendidulus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Natica cernica	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Natica pulicaris	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Oliva bulbosa	1	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Osilinus kotschyi	0	2	0	1	2	5	5	0	8	0	5	1	2	0
Planaxis sulcatus	1	0	0	3	0	0	1	1	2	1	4	5	4	0
Pleurocopa trapezium	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

espèce/US	18	19	20	22	23	24	25	26	28	29	30	31	32	33
AUTRES GASTEROPODES	**Phase 3**				**Phase 2**							**Phase 1**		
Polinices cf. *aurantius*	1	2	0	2	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0
Potamides conicus	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Prunum terverianum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Purpura panama	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Rhinoclavis kochi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strigatella litterata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Strombus gibberulus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Strombus mutabilis	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Strombus persicus	0	0	1	1	3	1	0	0	2	0	2	4	0	0
Thais lacera	3	9	4	3	2	5	3	1	25	3	37	7	2	0
Thais savignyi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0
Thais tissoti	0	0	0	0	0	15	11	0	5	2	2	0	0	0
Tonna sp.	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trochus erithreus	0	0	0	0	0	4	4	0	1	2	3	3	0	0
Turritella sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Tutufa bardeyi	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Umbonium vestiarium	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
AUTRES BIVALVES	**Phase 3**				**Phase 2**							**Phase 1**		
Anadara sp.	5	2	2	5	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0
Anodontia edentula	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Asaphis violascens	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbatia foliata / *decussata*	0	0	1	1	0	6	2	0	1	2	4	5	0	5
Barbatia oblicata	0	0	0	3	0	5	2	2	4	1	2	2	0	0
Beguinat gubernaculum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cardium pseudolima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Chlamys senatoria	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Chlamys towsendi	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Circenita callipiga	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diodora singaporensis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dosinia insularum	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Isognomon sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Lutraria australis	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Mactra lilacea	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Meropesta pellucida	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paphia undulata	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinctada sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Plagiocardium pseudolima	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Protapes sp.	2	1	4	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0
Scutus unguis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tivela ponderosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trapezium sublaevigatum	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	1	0
Total	825	1612	342	1384	68	233	228	105	744	216	419	409	113	217

4.5 Coefficients de corrélation effectués à partir des tests fragmentés, entier et quasi-entier

US	biv.(NMI)	gast. (NMI)	total frag	total E	total QE
1	589	321	592	33	972
2	105	308	616	13	154
3	1192	195	262	42	1637
4	514	117	140	24	822
5	85	94	117	15	135
6	165	253	373	60	166
7	228	441	550	158	445
8	174	359	435	148	291
9	143	200	216	49	307
11	531	523	582	56	1191
12	596	677	740	53	1646
13	259	104	143	39	450
15	309	176	190	46	643
16	741	380	421	77	1600
17	326	115	411	33	348
18	742	83	90	36	1262
19	1558	54	73	31	1827
20	327	15	22	8	512
22	1316	68	92	35	2347
23	3	65	98	12	43
24	94	139	186	26	256
25	81	147	199	13	196
26	67	38	42	15	116
28	456	288	343	32	929
29	130	86	113	22	231
US	**biv.(NMI)**	**gast. (NMI)**	**total frag**	**total E**	**total QE**
30	194	225	368	86	289
31	283	126	270	213	262
32	56	57	145	46	23
33	190	27	260	1	344

corrélation	*biv. (NMI)*	*gast. (NMI)*
total frag	-0,04	0,90
total E	-0,04	0,37
total QE	0,93	0,27

4.6 Résultats de l'analyse factorielle des correspondances effectuée sur la totalité des espèces

Aperçu de la précision des calculs : trace avant diagonalisation 1.7374
Somme des valeurs propres … 1.7374
Histogramme des 28 premières valeurs propres

4.6.1 Description de l'AFC

Les quatre premiers facteurs regroupent 75% de l'inertie totale.

Facteur 1 (29%) :
Les espèces contribuant le plus au facteur 1 sont *Marcia opima* (33,9%) et *Meretrix* sp.1 (31%), corrélées positivement, et *Marcia marmorata* (23,5%) corrélée négativement. Ces trois espèces vivaient en contexte lagunaire, l'axe révèle une opposition entre *Marcia*

opima/Meretrix sp.1 et *Marcia marmorata* qui pourrait indiquer deux types de contextes lagunaires ou deux lieux de collecte légèrement différents.

Facteur 2 (21,4%) :
Le facteur 2 se caractérise par une forte contribution positive de l'espèce *Noetiella chesneyi* (67,8%) opposée à celle de *Marcia marmorata* (12,6%). Leur position indique une opposition entre le milieu rocheux et la lagune.

Facteur 3 (14%) :
Les espèces qui contribuent le plus au facteur 3 sont *Noetiella chesneyi* (21%) suivies de *Terebralia palustris* (17,5%), *Lunella coronata* (15,8%) et *Littoraria intermedia* (9,6%) dont les positions sont négatives. Leurs coordonnées sur ce facteur marquent surtout une opposition entre les espèces du milieu rocheux (*Noetiella chesneyi*) et la mangrove (*Terebralia palustris* et *Littoraria intermedia*).

Facteur 4 (11,2%) :
Le facteur 4 réuni 11,2% de l'inertie totale. Deux espèces contribuent fortement à ce facteur : *Lunella coronata* (35,7%) et *Terebralia palustris* (31,9%). Leur position indique une répartition liée au milieu rocheux et à la mangrove.

4.6.2 Détails du calcul

n°	val.	% Cum.	%
1	0,5045	29,04	29,04
2	0,3718	21,4	50,43
3	0,2443	14,06	64,49
4	0,1946	11,2	75,69
5	0,0769	4,43	80,12
6	0,0738	4,25	84,37
7	0,0445	2,56	86,93
8	0,0367	2,11	89,04
9	0,0316	1,82	90,86
10	0,0265	1,52	92,38
11	0,0213	1,22	93,61
12	0,0147	0,85	94,45
13	0,0139	0,8	95,25
14	0,0125	0,72	95,97
15	0,0104	0,6	96,57
16	0,01	0,58	97,15
17	0,0078	0,45	97,59
18	0,0065	0,37	97,97
19	0,0055	0,32	98,28
20	0,0052	0,3	98,58
21	0,0049	0,28	98,86
22	0,0044	0,25	99,11
23	0,0036	0,21	99,32
24	0,0031	0,18	99,5
25	0,0029	0,17	99,67
26	0,0023	0,13	99,8
27	0,0019	0,11	99,91
28	0,0016	0,09	100

Test du KHI-2 pour le choix des axes
(au seuil usuel aller jusqu'à la première valeur-test > 2.0)

nb axes	KHI2	ddl	X>KHI2	val. Test
1	21125	2376	0	-116,44
2	14754,98	2262	0	-90,84
3	10569,78	2150	0	-70,69
4	7236,06	2040	0	-51,13

Coordonnées, contributions et cos² des fréquences sur les axes 1 à 5

				COORDONNEES					CONTRIBUTIONS				
LIB.	**Espèce**	**P.REL**	**DISTO**	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Am	*Amiantis umbonella*	13,16	0,48	0,16	-0,26	0,08	0,15	0,08	0,7	2,4	0,4	1,5	1,2
AnFa	*Anachis faurati*	0,04	6,31	0,52	0,81	-1,22	0,95	0,75	0	0,1	0,2	0,2	0,3
AnaSp	*Anadara sp.*	0,62	1,05	0,06	-0,14	-0,17	-0,36	-0,1	0	0	0,1	0,4	0,1
AnCas	*Ancilla castanea*	0,05	3,06	-0,03	0,09	-0,48	0,38	0,96	0	0	0	0	0,6
Ano	*Anodontia edentula*	0,01	39,99	1,14	1,36	-1,8	2,81	-3,86	0	0	0,1	0,2	1,1
ArSp	*Architectonica sp.*	0,04	6,65	-0,16	0,83	-0,62	0,43	0,25	0	0,1	0,1	0	0
AsVio	*Asaphis violascens*	0,01	10,12	1,2	0,24	-0,55	0,41	2,18	0	0	0	0	0,7
Babsp	*Babylonia spirata*	0,01	26,15	2,06	-0,25	0,51	0,25	-0,02	0	0	0	0	0
BarFD	*Barbatia foliata / decussata*	0,39	2,19	-0,4	0,69	-0,04	-0,1	0,15	0,1	0,5	0	0	0,1
BarO	*Barbatia oblicata*	0,26	1,85	-0,37	0,27	-0,54	-0,05	0,26	0,1	0,1	0,3	0	0,2
BeGu	*Beguinat gubernaculum*	0,01	15,26	-0,49	-0,09	-0,58	-0,91	-0,34	0	0	0	0	0
BuMa	*Bullia mauritania*	0,01	10,93	-0,63	-0,48	0,34	0,32	-0,03	0	0	0	0	0
CanSp	*Cantharus spiralis*	0,01	26,15	2,06	-0,25	0,51	0,25	-0,02	0	0	0	0	0
CanUn	*Cantharus undosus*	0,01	250,97	-0,23	0,69	-1,78	-1,97	-0,63	0	0	0,1	0,1	0
CassN	*Cassidula nucleus*	0,02	6,75	-0,06	0,62	-1,39	0,38	1,35	0	0	0,2	0	0,6
CerCi	*Cerithidea cingulata*	0,78	1,15	-0,04	0,31	-0,52	0,22	0,27	0	0,2	0,9	0,2	0,7
CerNo	*Cerithium nodulosum adansonii*	0,01	26,15	2,06	-0,25	0,51	0,25	-0,02	0	0	0	0	0
CerSc	*Cerithium scabridum*	0,44	1,22	0,08	0,26	-0,49	0,08	0,08	0	0,1	0,4	0	0
ChlSe	*Chlamys senatoria*	0,02	5,8	-0,16	0,72	-0,05	0,55	-1,1	0	0	0	0	0,4
ChlTo	*Chlamys towsendi*	0,02	7,57	-0,2	0,41	-0,38	0,49	0,32	0	0	0	0	0
CirC	*Circenita callipiga*	0,01	11,35	2,35	-0,4	0,97	-0,2	0,5	0,1	0	0	0	0
ClaSp	*Clanculus sp.*	0,01	22,98	-0,63	-0,3	-0,23	-0,32	-0,11	0	0	0	0	0
ClyB	*Clypeomorus bifasciatus*	0,23	1,79	-0,4	0,04	-0,32	0,04	0,05	0,1	0	0,1	0	0
ColA	*Columbella aspersa*	0,01	15,26	-0,49	-0,09	-0,58	-0,91	-0,34	0	0	0	0	0
ConM	*Conus miles*	0,01	12,46	-0,47	-0,11	-0,72	-1,17	-0,5	0	0	0	0	0
CreW	*Crepidula walshi*	0,02	14,78	-0,13	0,55	-1,63	0,29	2,41	0	0	0,2	0	1,3
CroM	*Cronia cf. margariticola*	0,02	6,27	-0,36	0,08	-0,83	0,12	1,09	0	0	0,1	0	0,4
CymSp	*Cymatium sp.*	0,09	3,96	-0,3	0,19	-0,51	-0,31	0,19	0	0	0,1	0	0
CypSp	*Cypraea sp.*	4,3	1,09	-0,45	0,34	-0,2	-0,41	0,01	1,8	1,4	0,7	3,7	0
EngA	*Engina alveolata*	0,04	2,85	0,7	-0,06	-0,04	0,38	0,77	0	0	0	0	0,3
EngM	*Engina mendicaria*	0,1	9,92	-0,11	0,33	-0,7	0,68	-0,39	0	0	0,2	0,2	0,2

				COORDONNEES					CONTRIBUTIONS				
LIB.	**Espèce**	**P.REL**	**DISTO**	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
EucA	*Euchelus cf. asper*	0,04	30,06	-0,32	0,35	-1,14	-0,91	0,02	0	0	0,2	0,2	0
FuT	*Fusinus towsendi*	0,01	39,89	-0,56	0,64	-0,13	-0,94	-0,09	0	0	0	0	0
He	*Hexaplex kuesterianus*	0,32	2,7	-0,16	0,6	-0,52	0,24	0,26	0	0,3	0,3	0,1	0,3
ImpH	*Impages hectica*	0,01	46,2	-0,71	-0,3	0,06	-0,02	-0,01	0	0	0	0	0
Iso	*Isognomon sp.*	0,01	77,96	-0,66	5,87	3,91	-0,34	0,15	0	0,5	0,4	0	0
Litt	*Littoraria intermedia*	1,17	5,17	0,07	0,76	-1,42	0,78	1,36	0	1,8	9,6	3,6	28,1
Lun	*Lunella coronata*	16,37	0,74	-0,12	0,1	-0,49	-0,65	-0,15	0,5	0,4	15,8	35,7	4,9
LutA	*Lutraria australis*	0,02	9,1	-0,47	0,08	-0,75	-0,74	0,12	0	0	0,1	0,1	0
Ml	*Mactra lilacea*	0,01	77,96	-0,66	5,87	3,91	-0,34	0,15	0	0,5	0,4	0	0
Mm	*Marcia marmorata*	34,76	0,59	-0,58	-0,37	0,23	0,22	-0,03	23,5	12,6	7,5	8,3	0,4
Mo	*Marcia opima*	8,29	2,61	1,44	-0,25	0,48	0,05	0,08	33,9	1,4	8	0,1	0,8
MelC	*Melampus castaneus*	0,02	7,22	-0,02	0,71	-1,46	0,55	1,42	0	0	0,2	0	0,5
MSp	*Meretrix sp.1*	4,69	3,9	1,83	-0,23	0,35	-0,39	0,01	31	0,7	2,4	3,6	0
MerP	*Meropesta pellucida*	0,01	12,46	-0,47	-0,11	-0,72	-1,17	-0,5	0	0	0	0	0
MitA	*Mitra aurantia aurantia*	0,01	14,28	-0,59	-0,33	-0,04	-0,26	-0,25	0	0	0	0	0
MitS	*Mitra aurantia subruppeli*	0,01	31,15	0,05	0,87	-2,08	1,03	3,87	0	0	0,1	0	1,1
MitrB	*Mitrella blanda*	0,28	1,98	-0,37	0,09	-0,53	0,17	0,33	0,1	0	0,3	0	0,4
MorG	*Morula granulata*	0,02	27,04	-0,64	0,65	0,49	0,03	0,25	0	0	0	0	0
NassC	*Nassarius coronatus*	0,09	1,23	-0,36	-0,03	-0,05	-0,1	0,28	0	0	0	0	0,1
NassM	*Nassarius marmoreus*	0,05	8,98	0,07	0,87	-1,71	0,82	2,04	0	0,1	0,6	0,2	2,8
NasP	*Nassarius persicus*	0,1	3,06	-0,46	-0,19	-0,22	0,23	0,32	0	0	0	0	0,1
NasSpl	*Nassarius splendidulus*	0,02	9,49	0,74	0,27	-0,76	0,23	1,84	0	0	0	0	0,8
NatC	*Natica cernica*	0,01	39,99	1,14	1,36	-1,8	2,81	-3,86	0	0	0,1	0,2	1,1
NatP	*Natica pulicaris*	0,01	24,61	0,37	1,36	-1,72	1,53	0,74	0	0,1	0,1	0,1	0,1
NerSp	*Nerita sp.*	1,67	2,36	0,25	0,53	-1	0,45	0,87	0,2	1,2	6,8	1,7	16,6
NoeC	*Noetiella chesneyi*	3,82	8,11	-0,36	2,57	1,16	-0,02	0,01	1	67,8	21	0	0
OliB	*Oliva bulbosa*	0,08	3,61	0,03	0,13	-0,65	0,39	0,74	0	0	0,1	0,1	0,6
OsiK	*Osilinus kotschyi*	0,19	6,76	-0,53	0,45	-0,29	-0,67	-0,07	0,1	0,1	0,1	0,4	0
PapUn	*Paphia undulata*	0,01	37,85	-0,49	-0,51	0,18	0,03	-0,21	0	0	0	0	0
PinSp	*Pinctada sp.*	0,01	22,03	-0,77	-0,08	0	-0,24	-0,06	0	0	0	0	0
PlaPs	*Plagiocardium pseudolima*	0,02	12,61	-0,3	0,97	-0,66	0,41	1,95	0	0,1	0	0	1,2
PLaS	*Planaxis sulcatus*	0,36	1,41	0,13	0,63	-0,19	0,16	-0,11	0	0,4	0,1	0	0,1
PleTr	*Pleurocopa trapezium*	0,01	17,83	1,28	-0,28	-0,03	-1,3	-0,08	0	0	0	0,1	0
PolA	*Polinices cf. aurantius*	0,23	1,01	0,26	0,26	-0,31	0,06	0,36	0	0	0,1	0	0,4
PotCo	*Potamides conicus*	0,01	162,18	-0,61	-0,16	-0,06	0,5	0,71	0	0	0	0	0

				COORDONNEES					CONTRIBUTIONS				
LIB.	**Espèce**	**P.REL**	**DISTO**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ProtSp	*Protapes sp.*	0,67	2,12	-0,35	-0,05	-0,57	-0,55	0,03	0,2	0	0,9	1	0
PruTe	*Prunum terverianum*	0,04	9,35	0,12	0,95	-1,67	0,91	1,57	0	0,1	0,4	0,1	1,1
PuPa	*Purpura panama*	0,01	22,02	-0,69	0,8	1,09	0,25	0,01	0	0	0,1	0	0
RhiK	*Rhinoclavis kochi*	0,01	39,99	1,14	1,36	-1,8	2,81	-3,86	0	0	0,1	0,2	1,1
StrG	*Strombus gibberulus*	0,01	13,04	-0,57	0,15	-0,08	-0,6	-0,17	0	0	0	0	0
StrM	*Strombus mutabilis*	0,02	15,28	-0,46	0,15	-0,7	-0,51	0,33	0	0	0	0	0
StrP	*Strombus persicus*	0,4	1,25	0,41	0,24	-0,41	-0,32	-0,16	0,1	0,1	0,3	0,2	0,1
TereP	*Terebralia palustris*	2,92	6,06	0,99	0,85	-1,21	1,46	-0,87	5,6	5,7	17,5	31,9	28,5
ThaLa	*Thais lacera*	1,49	1,38	0,09	0,18	-0,32	-0,52	0,06	0	0,1	0,6	2,1	0,1
ThaSa	*Thais savignyi*	0,05	9,01	-0,53	0,76	-0,01	-0,85	-0,25	0	0,1	0	0,2	0
ThaTi	*Thais tissoti*	0,69	1,97	0,28	0,07	-0,53	-0,57	-0,02	0,1	0	0,8	1,2	0
TiPon	*Tivela ponderosa*	0,05	5,13	1,06	-0,26	0,08	-0,79	-0,02	0,1	0	0	0,2	0
TonSp	*Tonna sp.*	0,01	10,59	-0,23	0,29	-0,54	1,14	0,31	0	0	0	0,1	0
TraSu	*Trapezium sublaevigatum*	0,04	13,56	-0,56	1,02	0,07	-0,84	-0,16	0	0,1	0	0,1	0
TroEa	*Trochus erithreus*	0,1	10,99	-0,54	0,62	-0,24	-0,9	-0,08	0,1	0,1	0	0,4	0
Turr	*Turritella sp.*	0,01	41	-0,59	2,42	1,47	-0,37	0,06	0	0,1	0,1	0	0
Tutu	*Tutufa bardeyi*	0,01	72,54	-0,43	0,21	-0,93	-1,17	-0,1	0	0	0	0	0
Umb	*Umbonium vestiarium*	0,04	4,65	0,84	0,22	-0,3	0,58	-0,39	0	0	0	0,1	0,1

				COS²				
LIB.	**Espèce**	**P.REL**	**DISTO**	1	2	3	4	5
Am	*Amiantis umbonella*	13,16	0,48	0,05	0,14	0,01	0,05	0,01
AnFa	*Anachis faurati*	0,04	6,31	0,04	0,1	0,23	0,14	0,09
AnaSp	*Anadara sp.*	0,62	1,05	0	0,02	0,03	0,12	0,01
AnCas	*Ancilla castanea*	0,05	3,06	0	0	0,08	0,05	0,3
Ano	*Anodontia edentula*	0,01	39,99	0,03	0,05	0,08	0,2	0,37
ArSp	*Architectonica sp.*	0,04	6,65	0	0,1	0,06	0,03	0,01
AsVio	*Asaphis violascens*	0,01	10,12	0,14	0,01	0,03	0,02	0,47
Babsp	*Babylonia spirata*	0,01	26,15	0,16	0	0,01	0	0
BarFD	*Barbatia foliata / decussata*	0,39	2,19	0,07	0,22	0	0	0,01
BarO	*Barbatia oblicata*	0,26	1,85	0,07	0,04	0,16	0	0,04
BeGu	*Beguinat gubernaculum*	0,01	15,26	0,02	0	0,02	0,05	0,01
BuMa	*Bullia mauritania*	0,01	10,93	0,04	0,02	0,01	0,01	0
CanSp	*Cantharus spiralis*	0,01	26,15	0,16	0	0,01	0	0
CanUn	*Cantharus undosus*	0,01	250,97	0	0	0,01	0,02	0
CassN	*Cassidula nucleus*	0,02	6,75	0	0,06	0,29	0,02	0,27
CerCi	*Cerithidea cingulata*	0,78	1,15	0	0,08	0,24	0,04	0,06
CerNo	*Cerithium nodulosum adansonii*	0,01	26,15	0,16	0	0,01	0	0
CerSc	*Cerithium scabridum*	0,44	1,22	0,01	0,05	0,2	0,01	0,01
ChlSe	*Chlamys senatoria*	0,02	5,8	0	0,09	0	0,05	0,21
ChlTo	*Chlamys towsendi*	0,02	7,57	0,01	0,02	0,02	0,03	0,01
CirC	*Circenita callipiga*	0,01	11,35	0,49	0,01	0,08	0	0,02

				COS²				
LIB.	**Espèce**	**P.REL**	**DISTO**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ClaSp	*Clanculus sp.*	0,01	22,98	0,02	0	0	0	0
ClyB	*Clypeomorus bifasciatus*	0,23	1,79	0,09	0	0,06	0	0
ColA	*Columbella aspersa*	0,01	15,26	0,02	0	0,02	0,05	0,01
ConM	*Conus miles*	0,01	12,46	0,02	0	0,04	0,11	0,02
CreW	*Crepidula walshi*	0,02	14,78	0	0,02	0,18	0,01	0,39
CroM	*Cronia cf. margariticola*	0,02	6,27	0,02	0	0,11	0	0,19
CymSp	*Cymatium sp.*	0,09	3,96	0,02	0,01	0,07	0,02	0,01
CypSp	*Cypraea sp.*	4,3	1,09	0,19	0,11	0,04	0,16	0
EngA	*Engina alveolata*	0,04	2,85	0,17	0	0	0,05	0,21
EngM	*Engina mendicaria*	0,1	9,92	0	0,01	0,05	0,05	0,02
EucA	*Euchelus cf. asper*	0,04	30,06	0	0	0,04	0,03	0
FuT	*Fusinus towsendi*	0,01	39,89	0,01	0,01	0	0,02	0
He	*Hexaplex kuesterianus*	0,32	2,7	0,01	0,13	0,1	0,02	0,03
ImpH	*Impages hectica*	0,01	46,2	0,01	0	0	0	0
Iso	*Isognomon sp.*	0,01	77,96	0,01	0,44	0,2	0	0
Litt	*Littoraria intermedia*	1,17	5,17	0	0,11	0,39	0,12	0,36
Lun	*Lunella coronata*	16,37	0,74	0,02	0,01	0,32	0,57	0,03
LutA	*Lutraria australis*	0,02	9,1	0,02	0	0,06	0,06	0
Ml	*Mactra lilacea*	0,01	77,96	0,01	0,44	0,2	0	0
Mm	*Marcia marmorata*	34,76	0,59	0,58	0,23	0,09	0,08	0
Mo	*Marcia opima*	8,29	2,61	0,79	0,02	0,09	0	0
MelC	*Melampus castaneus*	0,02	7,22	0	0,07	0,3	0,04	0,28
MSp	*Meretrix sp.1*	4,69	3,9	0,85	0,01	0,03	0,04	0
MerP	*Meropesta pellucida*	0,01	12,46	0,02	0	0,04	0,11	0,02
MitA	*Mitra aurantia aurantia*	0,01	14,28	0,02	0,01	0	0	0
MitS	*Mitra aurantia subruppeli*	0,01	31,15	0	0,02	0,14	0,03	0,48
MitrB	*Mitrella blanda*	0,28	1,98	0,07	0	0,14	0,01	0,06
MorG	*Morula granulata*	0,02	27,04	0,02	0,02	0,01	0	0
NassC	*Nassarius coronatus*	0,09	1,23	0,1	0	0	0,01	0,06
NassM	*Nassarius marmoreus*	0,05	8,98	0	0,08	0,32	0,07	0,46
NasP	*Nassarius persicus*	0,1	3,06	0,07	0,01	0,02	0,02	0,03
NasSpl	*Nassarius splendidulus*	0,02	9,49	0,06	0,01	0,06	0,01	0,35
NatC	*Natica cernica*	0,01	39,99	0,03	0,05	0,08	0,2	0,37
NatP	*Natica pulicaris*	0,01	24,61	0,01	0,07	0,12	0,09	0,02
NerSp	*Nerita sp.*	1,67	2,36	0,03	0,12	0,42	0,09	0,32
NoeC	*Noetiella chesneyi*	3,82	8,11	0,02	0,81	0,17	0	0
OliB	*Oliva bulbosa*	0,08	3,61	0	0	0,12	0,04	0,15
OsiK	*Osilinus kotschyi*	0,19	6,76	0,04	0,03	0,01	0,07	0
PapUn	*Paphia undulata*	0,01	37,85	0,01	0,01	0	0	0
PinSp	*Pinctada sp.*	0,01	22,03	0,03	0	0	0	0
PlaPs	*Plagiocardium pseudolima*	0,02	12,61	0,01	0,07	0,03	0,01	0,3
PLaS	*Planaxis sulcatus*	0,36	1,41	0,01	0,28	0,03	0,02	0,01
PleTr	*Pleurocopa trapezium*	0,01	17,83	0,09	0	0	0,1	0
PolA	*Polinices cf. aurantius*	0,23	1,01	0,06	0,07	0,1	0	0,13
PotCo	*Potamides conicus*	0,01	162,18	0	0	0	0	0

				COS²				
LIB.	**Espèce**	**P.REL**	**DISTO**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
ProtSp	*Protapes sp.*	0,67	2,12	0,06	0	0,15	0,14	0
PruTe	*Prunum terverianum*	0,04	9,35	0	0,1	0,3	0,09	0,27
PuPa	*Purpura panama*	0,01	22,02	0,02	0,03	0,05	0	0
RhiK	*Rhinoclavis kochi*	0,01	39,99	0,03	0,05	0,08	0,2	0,37
StrG	*Strombus gibberulus*	0,01	13,04	0,03	0	0	0,03	0
StrM	*Strombus mutabilis*	0,02	15,28	0,01	0	0,03	0,02	0,01
StrP	*Strombus persicus*	0,4	1,25	0,14	0,05	0,13	0,08	0,02
TereP	*Terebralia palustris*	2,92	6,06	0,16	0,12	0,24	0,35	0,12
ThaLa	*Thais lacera*	1,49	1,38	0,01	0,02	0,07	0,2	0
ThaSa	*Thais savignyi*	0,05	9,01	0,03	0,06	0	0,08	0,01
ThaTi	*Thais tissoti*	0,69	1,97	0,04	0	0,14	0,17	0
TiPon	*Tivela ponderosa*	0,05	5,13	0,22	0,01	0	0,12	0
TonSp	*Tonna sp.*	0,01	10,59	0	0,01	0,03	0,12	0,01
TraSu	*Trapezium sublaevigatum*	0,04	13,56	0,02	0,08	0	0,05	0
TroEa	*Trochus erithreus*	0,1	10,99	0,03	0,03	0,01	0,07	0
Turr	*Turritella sp.*	0,01	41	0,01	0,14	0,05	0	0
Tutu	*Tutufa bardeyi*	0,01	72,54	0	0	0,01	0,02	0
Umb	*Umbonium vestiarium*	0,04	4,65	0,15	0,01	0,02	0,07	0,03

Coordonnées, contributions et cos² des individus : axes 1 à 5

			COORDONNEES					CONTRIBUTIONS					cos²				
Ind.	**P.REL**	**DISTO**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	5,31	1,72	0,91	-0,17	-0,01	-0,57	-0,02	8,7	0,4	0	9	0	0,48	0,02	0	0,19	0
2	2,41	1,82	0,37	0,08	-0,6	-0,9	-0,26	0,7	0	3,5	10,1	2,2	0,08	0	0,2	0,45	0,04
3	8,1	3,27	1,67	-0,25	0,48	-0,09	0,14	44,8	1,3	7,7	0,3	2	0,85	0,02	0,07	0	0,01
4	3,68	2,39	1,46	-0,15	0,25	0,11	-0,01	15,6	0,2	0,9	0,2	0	0,89	0,01	0,03	0,01	0
5	1,04	2,86	0,88	0,47	-0,69	0,92	-0,5	1,6	0,6	2,1	4,5	3,4	0,27	0,08	0,17	0,29	0,09
6	2,44	4,9	0,81	0,83	-0,89	1,24	-1,07	3,1	4,5	7,9	19,3	36,3	0,13	0,14	0,16	0,31	0,23
7	3,9	2,19	0,27	0,83	-0,85	0,67	0,21	0,5	7,2	11,5	9,1	2,1	0,03	0,31	0,33	0,21	0,02
8	3,11	2,81	0,03	0,53	-1,03	0,45	1,07	0	2,4	13,4	3,3	46,5	0	0,1	0,38	0,07	0,41
9	2	0,88	-0,13	0,2	-0,58	-0,06	0,32	0,1	0,2	2,7	0	2,6	0,02	0,04	0,38	0	0,11
11	6,15	0,54	-0,35	-0,06	-0,29	-0,4	-0,1	1,5	0,1	2,1	5,1	0,7	0,23	0,01	0,15	0,3	0,02
12	7,43	0,7	-0,34	-0,06	-0,36	-0,52	-0,14	1,7	0,1	3,9	10,2	1,9	0,16	0,01	0,18	0,38	0,03
13	2,12	0,58	-0,51	-0,18	0,03	-0,01	0	1,1	0,2	0	0	0	0,45	0,06	0	0	0
15	2,83	0,38	-0,39	-0,11	-0,09	-0,12	0,01	0,9	0,1	0,1	0,2	0	0,41	0,03	0,02	0,04	0
16	6,54	0,36	-0,42	-0,2	-0,02	-0,12	-0,07	2,3	0,7	0	0,5	0,4	0,48	0,11	0	0,04	0,01
17	2,57	0,52	-0,35	-0,31	0,09	0,01	-0,06	0,6	0,7	0,1	0	0,1	0,24	0,18	0,01	0	0,01
18	4,81	0,92	-0,59	-0,47	0,31	0,33	-0,03	3,3	2,9	1,9	2,7	0,1	0,38	0,24	0,11	0,12	0
19	9,41	0,93	-0,3	-0,46	0,35	0,39	0,09	1,7	5,5	4,7	7,4	0,9	0,1	0,23	0,13	0,16	0,01
20	2	0,98	-0,56	-0,49	0,35	0,38	-0,01	1,2	1,3	1	1,5	0	0,32	0,25	0,13	0,15	0
22	8,08	0,95	-0,51	-0,47	0,43	0,4	-0,03	4,1	4,8	6,1	6,8	0,1	0,27	0,23	0,2	0,17	0
23	0,4	8,68	-0,17	0,42	-0,88	-0,87	-0,17	0	0,2	1,3	1,5	0,2	0	0,02	0,09	0,09	0
24	1,36	2,6	-0,31	0,13	-0,46	-0,52	-0,03	0,3	0,1	1,2	1,9	0	0,04	0,01	0,08	0,1	0
25	1,33	2,48	-0,31	0,1	-0,54	-0,62	-0,03	0,3	0	1,6	2,6	0	0,04	0	0,12	0,15	0
26	0,61	3,76	-0,44	-0,1	-0,03	0,22	0,2	0,2	0	0	0,2	0,3	0,05	0	0	0,01	0,01
28	4,34	0,68	-0,55	-0,05	0	-0,1	-0,02	2,6	0	0	0,2	0	0,44	0	0	0,02	0
29	1,26	0,65	-0,55	-0,03	0	-0,18	-0,06	0,7	0	0	0,2	0,1	0,46	0	0	0,05	0,01
30	2,45	1,24	-0,4	0,39	-0,06	-0,41	-0,02	0,8	1	0	2,1	0	0,13	0,12	0	0,14	0
31	2,38	3,2	-0,42	1,47	0,73	-0,16	0,02	0,8	13,9	5,1	0,3	0	0,05	0,68	0,16	0,01	0
32	0,66	7,02	-0,46	2,13	0,75	-0,42	-0,06	0,3	8	1,5	0,6	0	0,03	0,64	0,08	0,02	0
33	1,27	17,35	-0,47	3,58	1,93	-0,15	0,04	0,6	43,6	19,4	0,1	0	0,01	0,74	0,22	0	0

Contributions à l'inertie globale de chaque espèce pour chaque axe

Espèces	CONTRIBUTIONS					
	1	2	3	4	5	total
GASTEROPODES						
Anachis faurati	0,00	0,02	0,03	0,02	0,01	0,08
Ancilla castanea	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02
Architectonica sp.	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
Babylonia spirata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Bullia mauritania	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cantharus spiralis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cantharus undosus	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03
Cassidula nucleus	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,05
Cerithidea cingulata	0,00	0,04	0,13	0,02	0,03	0,22
Cerithium nodulosum adansonii	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cerithium scabridum	0,00	0,02	0,06	0,00	0,00	0,08
Clanculus sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Clypeomorus bifasciatus	0,03	0,00	0,01	0,00	0,00	0,04
Columbella aspersa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Conus miles	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Crepidula walshi	0,00	0,00	0,03	0,00	0,05	0,08
Cronia cf. *margariticola*	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03
Cymatium sp.	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Cypraea sp.	0,52	0,29	0,10	0,41	0,00	1,32
Engina alveolata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,01
Engina mendicaria	0,00	0,00	0,03	0,02	0,01	0,06
Euchelus cf. *asper*	0,00	0,00	0,03	0,02	0,00	0,05
Fusinus towsendi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Hexaplex kuesterianus	0,00	0,06	0,04	0,01	0,01	0,13
Impages hectica	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Littoraria intermedia	0,00	0,38	1,34	0,40	1,12	3,24
Lunella coronata	0,15	0,08	2,21	3,93	0,20	6,56
Melampus castaneus	0,00	0,00	0,03	0,00	0,02	0,05
Mitra aurantia aurantia	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Mitra aurantia subruppeli	0,00	0,00	0,01	0,00	0,04	0,06
Mitrella blanda	0,03	0,00	0,04	0,00	0,02	0,09
Morula granulata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nassarius coronatus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nassarius marmoreus	0,00	0,02	0,08	0,02	0,11	0,24
Nassarius persicus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Nassarius splendidulus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
Natica cernica	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08
Natica pulicaris	0,00	0,02	0,01	0,01	0,00	0,05
Nerita sp.	0,06	0,25	0,95	0,19	0,66	2,11

Espèces	CONTRIBUTIONS					
	1	2	3	4	5	total
BIVALVES						
Amiantis umbonella	0,20	0,50	0,06	0,17	0,05	0,98
Anadara sp.	0,00	0,00	0,01	0,04	0,00	0,06
Anodontia edentula	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08
Asaphis violascens	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03
Barbatia foliata / decussata	0,03	0,11	0,00	0,00	0,00	0,14
Barbatia oblicata	0,03	0,02	0,04	0,00	0,01	0,10
Beguinat gubernaculum	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Chlamys senatoria	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,02
Chlamys towsendi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Circenita callipiga	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03
Isognomon sp.	0,00	0,11	0,06	0,00	0,00	0,16
Lutraria australis	0,00	0,00	0,01	0,01	0,00	0,03
Mactra lilacea	0,00	0,11	0,06	0,00	0,00	0,16
Marcia marmorata	6,82	2,65	1,05	0,91	0,02	11,44
Marcia opima	9,83	0,29	1,12	0,01	0,03	11,29
Meretrix sp.1	8,99	0,15	0,34	0,40	0,00	9,87
Meropesta pellucida	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Noetiella chesneyi	0,29	14,24	2,94	0,00	0,00	17,47
Paphia undulata	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Pinctada sp.	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Plagiocardium pseudolima	0,00	0,02	0,00	0,00	0,05	0,07
Protapes sp.	0,06	0,00	0,13	0,11	0,00	0,29
Tivela ponderosa	0,03	0,00	0,00	0,02	0,00	0,05
Trapezium sublaevigatum	0,00	0,02	0,00	0,01	0,00	0,03
total par facteur	28,62	20,35	13,85	10,70	3,94	77,46

Espèces	CONTRIBUTIONS					
	1	2	3	4	5	total
GASTEROPODES						
Oliva bulbosa	0,00	0,00	0,01	0,01	0,02	0,05
Osilinus kotschyi	0,03	0,02	0,01	0,04	0,00	0,11
Planaxis sulcatus	0,00	0,08	0,01	0,00	0,00	0,10
Pleurocopa trapezium	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Polinices cf. *aurantius*	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02	0,03
Potamides conicus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Prunum terverianum	0,00	0,02	0,06	0,01	0,04	0,13
Purpura panama	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	0,01
Rhinoclavis kochi	0,00	0,00	0,01	0,02	0,04	0,08
Strombus gibberulus	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Strombus mutabilis	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Strombus persicus	0,03	0,02	0,04	0,02	0,00	0,12
Terebralia palustris	1,62	1,20	2,45	3,51	1,14	9,92
Thais lacera	0,00	0,02	0,08	0,23	0,00	0,34
Thais savignyi	0,00	0,02	0,00	0,02	0,00	0,04
Thais tissoti	0,03	0,00	0,11	0,13	0,00	0,27
Tonna sp.	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01
Trochus erithreus	0,03	0,02	0,00	0,04	0,00	0,09
Turritella sp.	0,00	0,02	0,01	0,00	0,00	0,04
Tutufa bardeyi	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Umbonium vestiarium	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,02

4.7 Résultats de l'analyse factorielle des correspondances effectuée sur les dix principales espèces

Aperçu de la précision des calculs : tracé avant diagonalisation…1.551
Somme des valeurs propres …1.551
Histogramme des 9 premières valeurs propres

n°	VAL.	% cumul	%
1	0,5297	34,16	34,16
2	0,3856	24,86	59,02
3	0,2457	15,84	74,86
4	0,1972	12,72	87,57
5	0,0729	4,7	92,27
6	0,0691	4,46	96,73
7	0,0288	1,86	98,59
8	0,0207	1,34	99,93
9	0,0012	0,08	100

Test du KHI2 pour le choix des axes (au seuil usuel aller jusqu'à la première valeur-test 2.0)

Nb axes	KHI2	ddl	X>KHI2	val. Test
1	15945,3	216	0	-121,67
2	9925	182	0	-94,97
3	6088,54	150	0	-73,39
4	3009,21	120	0	-50,05

Coordonnées, contributions et cos² des fréquences sur les axes 1 à 5

				COORDONNEES					CONTRIBUTIONS				
IDEN	**Lib.**	**P.REL**	**DISTO**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
C2	Am	14,44	0,44	0,16	-0,23	-0,02	0,13	-0,31	0,7	1,9	0	1,3	18,6
C3	CypSp	4,71	1,16	-0,47	0,37	0,16	-0,43	0,1	1,9	1,6	0,5	4,5	0,6
C4	Litt	1,28	5,85	0,1	0,8	1,57	0,6	-1,32	0	2,1	12,9	2,3	30,5
C5	Lun	17,96	0,81	-0,12	0,1	0,45	-0,74	0,12	0,5	0,5	14,6	50,4	3,6
C6	Mm	38,15	0,54	-0,58	-0,33	-0,17	0,23	0,06	24,5	10,7	4,5	10,3	1,9
C7	Mo	9,09	2,47	1,4	-0,24	-0,46	0,1	0,1	33,8	1,4	8	0,5	1,1
C8	MSp	5,14	3,8	1,79	-0,24	-0,38	-0,37	-0,08	31,2	0,8	3,1	3,5	0,4
C9	NerSp	1,83	2,69	0,27	0,55	1,1	0,31	-0,82	0,2	1,5	9	0,9	16,9
C10	NoeC	4,19	8,01	-0,34	2,59	-1,07	0,06	-0,05	0,9	72,9	19,7	0,1	0,1
C11	TereP	3,2	6,24	1,02	0,89	1,46	1,27	0,77	6,3	6,6	27,8	26,3	26,1

				Cos²				
IDEN	**Lib.**	**P.REL**	**DISTO**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
C2	Am	14,44	0,44	0,06	0,12	0	0,04	0,22
C3	CypSp	4,71	1,16	0,19	0,12	0,02	0,16	0,01
C4	Litt	1,28	5,85	0	0,11	0,42	0,06	0,3
C5	Lun	17,96	0,81	0,02	0,01	0,25	0,68	0,02
C6	Mm	38,15	0,54	0,63	0,2	0,05	0,1	0,01
C7	Mo	9,09	2,47	0,8	0,02	0,09	0	0
C8	MSp	5,14	3,8	0,85	0,01	0,04	0,04	0
C9	NerSp	1,83	2,69	0,03	0,11	0,45	0,04	0,25
C10	NoeC	4,19	8,01	0,01	0,84	0,14	0	0
C11	TereP	3,2	6,24	0,17	0,13	0,34	0,26	0,1

Coordonnées, contributions et cos² des individus

			COORDONNEES					CONTRIBUTIONS				
Ident	**P.REL**	**DISTO**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	5,26	1,75	0,94	-0,19	-0,05	-0,6	-0,22	8,8	0,5	0	9,7	3,4
2	2,27	1,8	0,38	0,05	0,54	-1,04	0,22	0,6	0	2,7	12,6	1,5
3	8,45	3,23	1,66	-0,25	-0,5	-0,03	0,03	44	1,4	8,7	0	0,1
4	3,8	2,27	1,46	-0,16	-0,24	0,13	-0,05	15,3	0,3	0,9	0,3	0,1
5	1,06	2,9	0,94	0,49	0,88	0,83	0,46	1,8	0,7	3,3	3,7	3,1
6	2,4	5,07	0,87	0,87	1,12	1,12	0,93	3,4	4,8	12,4	15,4	28,4
7	3,62	2,21	0,32	0,9	0,97	0,56	-0,18	0,7	7,6	13,7	5,8	1,7
8	2,75	3,09	0,06	0,57	1,15	0,35	-1,03	0	2,3	14,7	1,7	40,2
9	1,84	0,52	-0,14	0,2	0,58	-0,13	-0,29	0,1	0,2	2,5	0,2	2,1
11	6,12	0,42	-0,36	-0,05	0,26	-0,44	0,09	1,5	0	1,7	6	0,8
12	7,49	0,6	-0,35	-0,05	0,32	-0,57	0,11	1,7	0	3,1	12,5	1,2
13	2,12	0,32	-0,51	-0,19	-0,03	-0,02	0,03	1,1	0,2	0	0	0
15	2,79	0,21	-0,4	-0,1	0,08	-0,13	0,02	0,9	0,1	0,1	0,2	0
16	6,62	0,25	-0,43	-0,19	0,03	-0,13	0,07	2,3	0,6	0	0,6	0,5
17	2,64	0,34	-0,36	-0,31	-0,07	-0,01	0,12	0,6	0,7	0	0	0,5
18	5,04	0,8	-0,59	-0,43	-0,26	0,36	0,09	3,3	2,5	1,3	3,2	0,6
19	10,06	0,83	-0,3	-0,43	-0,25	0,41	-0,29	1,7	4,7	2,6	8,5	11,3
20	2,09	0,84	-0,57	-0,46	-0,28	0,44	-0,04	1,3	1,2	0,7	2,1	0,1
22	8,54	0,87	-0,51	-0,44	-0,36	0,44	0,12	4,2	4,3	4,5	8,5	1,8
23	0,28	3,12	-0,2	0,38	0,73	-1,45	0,3	0	0,1	0,6	3	0,3
24	1,1	0,5	-0,35	0,03	0,35	-0,49	0,09	0,3	0	0,6	1,3	0,1
25	1,15	0,77	-0,34	0,05	0,45	-0,63	0,03	0,2	0	0,9	2,3	0
26	0,56	0,6	-0,46	-0,17	-0,04	0,15	-0,07	0,2	0	0	0,1	0

			COORDONNEES					CONTRIBUTIONS				
Ident	**P.REL**	**DISTO**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
28	4,23	0,55	-0,58	-0,06	-0,04	-0,07	0,13	2,7	0	0	0,1	1
29	1,29	0,51	-0,56	-0,03	0	-0,18	0,17	0,8	0	0	0,2	0,5
30	2,18	0,68	-0,46	0,39	-0,04	-0,36	0,1	0,9	0,9	0	1,5	0,3
31	2,3	3,31	-0,43	1,58	-0,79	-0,1	-0,02	0,8	14,8	5,8	0,1	0
32	0,63	7,42	-0,49	2,32	-0,89	-0,37	0,11	0,3	8,8	2	0,4	0,1
33	1,33	16,13	-0,43	3,55	-1,76	-0,02	-0,13	0,5	43,4	16,8	0	0,3

			Cos²				
Ident	**P.REL**	**DISTO**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
1	5,26	1,75	0,51	0,02	0	0,21	0,03
2	2,27	1,8	0,08	0	0,16	0,61	0,03
3	8,45	3,23	0,85	0,02	0,08	0	0
4	3,8	2,27	0,94	0,01	0,02	0,01	0
5	1,06	2,9	0,3	0,08	0,27	0,24	0,07
6	2,4	5,07	0,15	0,15	0,25	0,25	0,17
7	3,62	2,21	0,05	0,37	0,42	0,14	0,02
8	2,75	3,09	0	0,1	0,43	0,04	0,35
9	1,84	0,52	0,04	0,08	0,64	0,03	0,16
11	6,12	0,42	0,31	0,01	0,16	0,46	0,02
12	7,49	0,6	0,2	0	0,17	0,55	0,02
13	2,12	0,32	0,83	0,11	0	0	0
15	2,79	0,21	0,79	0,05	0,03	0,08	0
16	6,62	0,25	0,75	0,15	0	0,07	0,02
17	2,64	0,34	0,38	0,29	0,01	0	0,04
18	5,04	0,8	0,44	0,24	0,08	0,16	0,01
19	10,06	0,83	0,11	0,22	0,08	0,2	0,1
20	2,09	0,84	0,39	0,25	0,09	0,23	0
22	8,54	0,87	0,3	0,22	0,15	0,23	0,02
23	0,28	3,12	0,01	0,05	0,17	0,67	0,03
24	1,1	0,5	0,24	0	0,24	0,47	0,02
25	1,15	0,77	0,15	0	0,26	0,51	0
26	0,56	0,6	0,35	0,05	0	0,04	0,01
28	4,23	0,55	0,62	0,01	0	0,01	0,03
29	1,29	0,51	0,63	0	0	0,06	0,06
30	2,18	0,68	0,31	0,23	0	0,2	0,02
31	2,3	3,31	0,06	0,75	0,19	0	0
32	0,63	7,42	0,03	0,73	0,11	0,02	0
33	1,33	16,13	0,01	0,78	0,19	0	0

Corrélations entre les variables continues et les facteurs

VARIABLES			CARACTERISTIQUES				CORRELATIONS				
NUM	**(IDEN)**	**LIB. Court**	**EFF.**	**P.ABS**	**MOYENNE**	**EC.TYPE**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
11	(C12)	Ost	29	15614	237,12	369,14	0,07	0,05	-0,05	0,14	0,04

4.8 Mesures effectuées sur les valves gauches de *Marcia marmorata*

4.8.1 Données (en mm)

US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht
8	31,43	24,49	**12**	37,02	28,12	**12**	41,42	40,9	**13**	38,74	30,79	**16**	33,92	25,82
8	34,47	28,29	**12**	37,05	31,35	**12**	41,43	31,25	**13**	38,93	26,29	**16**	34,16	26
8	34,5	28,23	**12**	37,13	27,39	**12**	41,56	30,73	**13**	38,94	27,99	**16**	34,16	27,54
8	37,05	29,29	**12**	37,27	28,82	**12**	41,6	32,1	**13**	38,94	28,08	**16**	34,19	27,93
8	38,4	30,53	**12**	37,33	30,92	**12**	41,75	32,97	**13**	39,01	29,22	**16**	34,2	26,69
9	36,69	28,93	**12**	37,34	30,75	**12**	42,18	32,38	**13**	39,04	27,07	**16**	34,2	28,98
9	36,7	26,9	**12**	37,34	31,38	**12**	42,22	33,63	**13**	39,4	27,99	**16**	34,23	26,84
11	31,58	23,53	**12**	37,39	28,75	**12**	42,53	30,63	**13**	39,54	30,33	**16**	34,26	25,25
11	31,65	24,62	**12**	37,51	29,92	**12**	42,78	32,56	**13**	39,58	29,32	**16**	34,41	27,18
11	31,66	22,89	**12**	37,57	29,64	**12**	42,95	32,21	**13**	40,32	29,98	**16**	34,42	28,09
11	32,46	26,28	**12**	37,74	31,68	**12**	43,06	34,94	**13**	40,64	29,67	**16**	34,42	28,91
11	33,13	26,32	**12**	37,8	29,73	**12**	43,18	31,98	**13**	41,68	32,09	**16**	34,44	26,06
11	34,67	27,85	**12**	37,86	32,57	**12**	43,2	35,58	**13**	41,87	32,17	**16**	34,56	26,16
11	35,01	28,33	**12**	37,87	24,25	**12**	43,37	31,59	**13**	42,58	34,22	**16**	34,6	26,64
11	35,42	25,45	**12**	37,93	26,76	**12**	43,49	31,71	**13**	43,52	33,13	**16**	34,65	25,58
11	35,7	26,56	**12**	37,93	29,66	**12**	43,91	33,73	**13**	57,6	47,22	**16**	34,68	27,94
11	36,19	28,8	**12**	38,27	28,13	**12**	44,05	34,46	**15**	23,8	17,92	**16**	34,82	30,94
11	36,22	26,79	**12**	38,33	29,9	**12**	46,56	34,21	**15**	29,5	20,76	**16**	34,91	28,74
11	36,26	29,89	**12**	38,37	28,44	**12**	49,52	38,64	**15**	29,88	23,39	**16**	34,92	26,2
11	36,5	28,96	**12**	38,4	31,3	**13**	25,47	18,74	**15**	32,52	25,3	**16**	34,94	28,21
11	36,74	26,33	**12**	38,63	28,56	**13**	26,13	23,11	**15**	34,67	26,74	**16**	35,08	27,23
11	37,11	27,68	**12**	38,65	31,55	**13**	29,84	23,93	**15**	34,95	26,1	**16**	35,31	24,73
11	37,38	29,42	**12**	38,69	29,41	**13**	30,96	25,52	**15**	35,55	26,89	**16**	35,34	28,51
11	37,51	28,07	**12**	38,7	29,97	**13**	31,75	23,21	**15**	36,78	30,03	**16**	35,37	27,51
11	37,86	28,58	**12**	38,72	30,98	**13**	31,89	22,76	**15**	37,16	28,63	**16**	36,13	27,53
11	38,05	29	**12**	38,76	29,27	**13**	32,32	24,09	**15**	37,39	28,93	**16**	36,55	28,84
11	38,28	29,19	**12**	38,87	30,79	**13**	32,47	25,67	**15**	37,83	28,18	**16**	36,6	29,84
11	38,35	23,38	**12**	38,92	29,77	**13**	33,34	22,86	**15**	37,88	28,02	**16**	36,61	29,75
11	38,39	29,12	**12**	38,92	29,8	**13**	33,82	26,33	**15**	38,47	30,13	**16**	36,94	28,02
11	38,55	30,82	**12**	38,98	28,63	**13**	33,83	27,21	**15**	38,49	29,15	**16**	37,01	27,65
11	39,84	30,98	**12**	39,39	29,81	**13**	33,91	26,09	**15**	39,07	29,61	**16**	37,28	34,62
11	40,45	28,7	**12**	39,58	27,7	**13**	33,94	26,08	**15**	39,75	32,45	**16**	37,3	29,13
11	40,85	32,69	**12**	39,59	31,26	**13**	34,11	25,84	**15**	40,04	28,65	**16**	37,35	29,5
11	41,51	31,16	**12**	39,64	31,41	**13**	34,22	25,17	**15**	40,78	32,06	**16**	37,47	29,26
11	42,64	34	**12**	39,66	31,61	**13**	34,38	27,64	**15**	41,85	30,6	**16**	37,81	31,19
11	42,99	32,29	**12**	39,66	32,05	**13**	34,79	28,1	**16**	28,65	22,3	**16**	37,9	29,3
12	30,17	25,07	**12**	39,69	29,21	**13**	35,43	25,92	**16**	31,13	23,83	**16**	38,1	27,44
12	33,52	25,74	**12**	39,69	31,7	**13**	35,76	30,29	**16**	31,23	23,77	**16**	38,12	31,85
12	34,04	26,36	**12**	39,71	30,98	**13**	35,89	30,44	**16**	31,35	24,16	**16**	38,45	29,85
12	34,12	28,8	**12**	39,8	29,55	**13**	35,96	29,13	**16**	31,63	25,63	**16**	39,84	32,18
12	34,24	27,79	**12**	40,07	29,62	**13**	36,4	28,6	**16**	31,64	23,77	**16**	39,86	31,68
12	34,35	26,99	**12**	40,11	29,12	**13**	36,54	27,13	**16**	32,33	24,78	**16**	39,96	32,46
12	34,66	25,66	**12**	40,12	31,77	**13**	36,74	28,23	**16**	32,44	25,99	**16**	40,33	28,86
12	34,96	32,56	**12**	40,23	31,29	**13**	36,92	29,11	**16**	32,48	24,66	**16**	40,39	34,74
12	35,01	26,83	**12**	40,38	31,93	**13**	37,23	28,06	**16**	32,49	26	**16**	41,07	30,25
12	35,4	27,83	**12**	40,41	28,56	**13**	37,42	27,69	**16**	32,52	26,24	**16**	41,34	31,52
12	35,65	28,73	**12**	40,42	31,09	**13**	37,51	27,83	**16**	32,77	24,83	**16**	41,58	31,11

US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht
12	35,78	26,95	**12**	40,53	30,11	**13**	37,67	28,09	**16**	32,89	29,6	**16**	41,7	31,43
12	36,41	26,87	**12**	40,88	31,96	**13**	37,84	27,52	**16**	32,95	25,95	**16**	41,86	32,1
12	36,45	28,14	**12**	40,94	32,55	**13**	37,93	30,03	**16**	33,38	25,44	**16**	42,22	32,11
12	36,5	26,65	**12**	41,11	30,2	**13**	38,12	29,73	**16**	33,68	27,48	**16**	42,91	34,8
12	36,84	27,41	**12**	41,2	31,33	**13**	38,22	29,1	**16**	33,8	24,16	**16**	43,8	34,86
12	36,9	28,86	**12**	41,42	31,74	**13**	38,33	29,3	**16**	33,85	28,21	**18**	24,27	17,46
18	24,97	18,41	**18**	34,31	26,14	**19**	32,9	27,45	**19**	37,32	31,75	**19**	41,03	30,64
18	26,54	20,75	**18**	34,44	24,13	**19**	32,94	25,07	**19**	37,36	27,96	**19**	41,1	31,28
18	27,2	20,16	**18**	34,47	27,72	**19**	33	24,66	**19**	37,38	28,72	**19**	41,73	37,17
18	27,28	19,71	**18**	34,74	27,27	**19**	33	26,86	**19**	37,4	26,97	**19**	41,74	32,09
18	27,41	19,85	**18**	34,8	24,58	**19**	33,18	26,27	**19**	37,41	29,75	**19**	41,84	33,8
18	27,43	20,79	**18**	34,86	28,93	**19**	33,22	25,65	**19**	37,42	27,89	**19**	41,9	32,58
18	27,47	20,05	**18**	34,93	25,14	**19**	33,45	26,73	**19**	37,43	29,16	**19**	42,12	30,51
18	27,95	20,59	**18**	34,99	28,94	**19**	33,54	27,32	**19**	37,45	26,97	**19**	42,32	32,67
18	28,52	18,95	**18**	35,2	25,66	**19**	33,6	27,03	**19**	37,68	28,36	**19**	44,22	34,95
18	28,78	20,76	**18**	35,22	28,96	**19**	33,91	27,69	**19**	37,71	30,63	**20**	30,9	25,6
18	29,35	22,43	**18**	35,51	25,35	**19**	34,09	25,61	**19**	37,83	30,42	**20**	32,15	33,83
18	29,81	22,57	**18**	35,59	27,66	**19**	34,13	25,76	**19**	37,83	32,78	**20**	32,28	26,55
18	30,35	24,56	**18**	35,72	27,42	**19**	34,13	28,65	**19**	37,84	28,85	**20**	32,34	22,35
18	30,44	24,32	**18**	35,88	28,73	**19**	34,14	26,64	**19**	37,91	29,62	**20**	34,04	25,6
18	30,46	23,85	**18**	35,94	28,78	**19**	34,24	27,24	**19**	38,05	28,33	**20**	34,09	26,5
18	30,62	25,16	**18**	36,13	26,2	**19**	34,26	27,27	**19**	38,1	30,21	**20**	34,29	26,76
18	30,78	23,83	**18**	36,13	28,38	**19**	34,27	26,02	**19**	38,12	28,24	**20**	34,58	28,32
18	30,82	23,22	**18**	36,26	26,22	**19**	34,38	26,99	**19**	38,14	30,09	**20**	34,83	26,16
18	30,86	24,65	**18**	36,28	28,3	**19**	34,4	27,73	**19**	38,16	29,35	**20**	34,91	27,43
18	30,97	22,38	**18**	36,45	27,02	**19**	34,52	25,95	**19**	38,25	30,19	**20**	34,93	26,52
18	30,98	23,08	**18**	36,49	27,72	**19**	34,61	26,3	**19**	38,26	30,68	**20**	35,52	26,56
18	31,01	27,74	**18**	36,5	29,61	**19**	34,78	26,22	**19**	38,26	33,05	**20**	35,54	32,23
18	31,09	24,91	**18**	36,61	28,37	**19**	34,85	25,76	**19**	38,32	30,62	**20**	35,73	26,28
18	31,16	23,26	**18**	36,64	28,22	**19**	34,9	27,57	**19**	38,33	30,16	**20**	36,21	29,1
18	31,18	25,56	**18**	36,72	27,02	**19**	34,92	26,62	**19**	38,35	28,6	**20**	36,51	26,06
18	31,32	23,15	**18**	36,85	27,93	**19**	34,95	26,62	**19**	38,48	31,27	**20**	36,55	29,09
18	31,34	24,07	**18**	36,94	28,52	**19**	35,08	26,53	**19**	38,49	29,3	**20**	36,83	29,29
18	31,34	25,07	**18**	37,14	28,2	**19**	35,08	29,93	**19**	38,59	28,13	**20**	36,88	29,64
18	31,36	22,22	**18**	37,19	29,61	**19**	35,15	25,67	**19**	38,63	30,28	**20**	37,6	30,14
18	31,68	24,7	**18**	37,23	28,72	**19**	35,18	28,86	**19**	38,67	29,46	**20**	37,73	30,16
18	31,68	25,91	**18**	38,08	29,22	**19**	35,32	28,29	**19**	38,8	31,26	**20**	38,6	28,98
18	31,74	23,89	**18**	38,12	30,9	**19**	35,42	27,63	**19**	38,83	30,84	**20**	38,72	30,69
18	31,74	25,88	**18**	38,49	28,19	**19**	35,5	27,12	**19**	38,87	30,59	**20**	38,74	28,82
18	31,9	23,54	**18**	38,58	30,39	**19**	35,53	29,24	**19**	38,97	32,65	**20**	39,66	32,49
18	32,01	23,93	**18**	38,78	32,89	**19**	35,54	27,57	**19**	39,09	30,7	**20**	41,28	31,08
18	32,05	22,1	**18**	38,79	30,43	**19**	35,58	28,77	**19**	39,13	31,48	**22**	28,67	22,52
18	32,31	26,23	**18**	38,87	28,92	**19**	35,64	27,16	**19**	39,26	30,11	**22**	29,24	25,23
18	32,86	24,83	**18**	38,94	31,25	**19**	35,64	27,65	**19**	39,52	30,23	**22**	29,98	26,62
18	33	24,98	**18**	39,03	29,55	**19**	35,78	29,69	**19**	39,55	31,56	**22**	30,64	21,77
18	33,04	26,55	**18**	39,21	29,31	**19**	36,03	26,79	**19**	39,61	30,67	**22**	30,68	23,63
18	33,15	26,1	**18**	39,64	29,26	**19**	36,15	28,22	**19**	39,62	27,46	**22**	30,89	24,44
18	33,38	25,47	**18**	39,73	29,78	**19**	36,38	28,07	**19**	39,82	30,32	**22**	30,91	26,07
18	33,48	25,31	**18**	39,76	28,63	**19**	36,4	29,74	**19**	39,84	30,43	**22**	31,12	22,9
18	33,56	25,94	**18**	40	28,93	**19**	36,46	29,32	**19**	39,93	30,96	**22**	31,33	23,96
18	33,63	24,58	**19**	27,08	22,4	**19**	36,66	27,4	**19**	40,3	28,02	**22**	31,72	22,32

US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht
18	33,66	26,88	**19**	30,73	25,81	**19**	36,74	29,86	**19**	40,3	29,61	**22**	31,88	26,2
18	33,76	27,62	**19**	31,58	25,81	**19**	36,77	27,44	**19**	40,64	29,7	**22**	31,91	25,53
18	33,85	23,27	**19**	31,62	24	**19**	36,95	29,5	**19**	40,72	23,78	**22**	31,93	24,41
18	33,85	26,19	**19**	32,2	24,9	**19**	37	28,72	**19**	40,78	33,24	**22**	31,98	25,36
18	33,97	25,19	**19**	32,29	25,68	**19**	37,08	27,64	**19**	40,91	32,54	**22**	32,04	25,01
18	34,01	27,48	**19**	32,37	25,71	**19**	37,11	27,63	**19**	40,93	30,58	**22**	32,06	26,41
18	34,19	20,71	**19**	32,57	26,62	**19**	37,19	28,24	**19**	40,95	39,33	**22**	32,14	25,92
18	34,27	24,05	**19**	32,58	24,88	**19**	37,26	29,32	**19**	41,02	31,32	**22**	32,14	26,06
22	32,16	25,24	**22**	34,48	28,9	**22**	36,23	29,09	**22**	38,57	28,95	**26**	36,77	25,84
22	32,2	25,08	**22**	34,51	27,77	**22**	36,31	27,52	**22**	38,61	28,48	**26**	38,52	28,33
22	32,36	24,91	**22**	34,55	26,14	**22**	36,37	27,18	**22**	38,62	30,46	**26**	39,69	29,99
22	32,54	25,89	**22**	34,56	25,25	**22**	36,39	26,38	**22**	38,65	29,23	**28**	27,72	22,1
22	32,55	23,92	**22**	34,64	25,43	**22**	36,39	27,58	**22**	38,67	30,22	**28**	28,25	23,91
22	32,64	24,71	**22**	34,64	25,64	**22**	36,39	29,38	**22**	38,7	29,96	**28**	29,96	23,7
22	32,7	24,41	**22**	34,66	25,54	**22**	36,41	27,35	**22**	38,88	32,27	**28**	30,11	22,8
22	32,85	24,13	**22**	34,66	27,13	**22**	36,44	27,07	**22**	39,01	31,55	**28**	30,7	24,02
22	32,85	25,38	**22**	34,72	26,36	**22**	36,44	27,34	**22**	39,12	29,37	**28**	31,42	24,36
22	32,91	25,29	**22**	34,77	25,15	**22**	36,45	27,74	**22**	39,28	30,51	**28**	31,53	24,14
22	32,91	27,62	**22**	34,82	26,85	**22**	36,46	27,02	**22**	39,6	30,73	**28**	31,7	22,52
22	32,95	25,12	**22**	34,86	27,29	**22**	36,6	28,21	**22**	39,71	28,71	**28**	31,87	23,16
22	32,95	25,8	**22**	34,87	28,3	**22**	36,63	30,56	**22**	39,95	30,7	**28**	32,26	26,2
22	32,97	24,2	**22**	34,93	26,6	**22**	36,63	31,27	**22**	39,95	31,48	**28**	32,48	22,5
22	32,98	25,96	**22**	34,97	26,62	**22**	36,71	28,4	**22**	40,09	30,63	**28**	32,5	23,23
22	33,02	25,63	**22**	34,99	25,43	**22**	36,77	29,2	**22**	40,14	31,38	**28**	32,7	25,06
22	33,02	28,16	**22**	35	26,2	**22**	36,92	28,77	**22**	40,19	32,65	**28**	32,81	24,09
22	33,2	27,8	**22**	35,01	25,68	**22**	37,02	28,54	**22**	40,6	27,18	**28**	33,13	25,79
22	33,21	28,36	**22**	35,08	25,05	**22**	37,09	28,74	**22**	40,77	30,02	**28**	33,19	25,79
22	33,27	23,88	**22**	35,08	26,82	**22**	37,19	29,53	**22**	40,78	33,15	**28**	33,31	25,46
22	33,31	26,04	**22**	35,1	26,98	**22**	37,25	28,96	**22**	40,94	31,82	**28**	33,42	24,27
22	33,4	25,07	**22**	35,12	27,12	**22**	37,3	27,65	**22**	40,95	32,24	**28**	33,51	26,78
22	33,42	25,36	**22**	35,15	27,62	**22**	37,3	29,46	**22**	41,15	33,47	**28**	33,58	26,92
22	33,42	26,01	**22**	35,21	25,7	**22**	37,38	30,07	**22**	41,24	31,08	**28**	34,25	23,65
22	33,49	27,15	**22**	35,23	27	**22**	37,46	27,74	**22**	41,46	31,27	**28**	35,38	28,02
22	33,56	25,4	**22**	35,23	28,9	**22**	37,49	28,7	**22**	41,5	32,13	**28**	35,48	27,04
22	33,57	27,66	**22**	35,25	27,14	**22**	37,55	26,03	**22**	41,85	31,41	**28**	35,8	27,08
22	33,57	28,45	**22**	35,26	26,02	**22**	37,63	29,48	**22**	41,85	32,27	**28**	36,65	26,6
22	33,59	25,46	**22**	35,26	26,99	**22**	37,7	27,15	**22**	41,99	31,33	**28**	37	28,74
22	33,6	25,29	**22**	35,26	28,36	**22**	37,7	28,78	**22**	42,2	33,78	**28**	37,49	28,25
22	33,63	25,48	**22**	35,28	29,91	**22**	37,79	29,23	**22**	42,27	31,41	**28**	37,55	26,19
22	33,79	27,81	**22**	35,36	28,38	**22**	37,8	29,05	**22**	42,46	34,2	**28**	37,82	29,74
22	33,88	28,85	**22**	35,41	28,97	**22**	37,84	27,96	**22**	43,58	35,04	**28**	38,03	29,36
22	33,91	28,02	**22**	35,43	28	**22**	37,88	29,12	**22**	43,76	34,38	**28**	38,29	28,46
22	33,93	24,61	**22**	35,45	27,93	**22**	37,9	28,33	**22**	43,89	31,9	**28**	38,66	29,63
22	33,94	24,41	**22**	35,48	26,38	**22**	37,93	28,58	**24**	21,44	23,6	**28**	39,75	32,23
22	33,95	25,82	**22**	35,48	28,3	**22**	37,98	30,3	**24**	30,16	22,2	**28**	40,41	31,2
22	33,95	26,37	**22**	35,57	28,57	**22**	38,1	29,75	**24**	31,94	23,94			
22	33,99	27,8	**22**	35,6	26,77	**22**	38,14	31,44	**24**	33,75	27,58			
22	34,02	26,41	**22**	35,62	29,8	**22**	38,21	29,76	**24**	34,08	27,51			
22	34,06	25,09	**22**	35,64	25,63	**22**	38,28	28,59	**24**	35,56	26,81			
22	34,09	25,7	**22**	35,69	26,68	**22**	38,31	28,67	**24**	35,63	27,58			
22	34,1	26,83	**22**	35,71	30,98	**22**	38,31	29,3	**24**	36,03	29,5			

US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht	US	L.	Ht
22	34,18	26,49	**22**	35,73	25,38	**22**	38,32	30,07	**24**	36,08	28,71
22	34,2	25,35	**22**	35,84	28,14	**22**	38,4	27,75	**24**	37,82	32,54
22	34,25	28,27	**22**	35,91	28,66	**22**	38,42	26,61	**24**	37,88	29,94
22	34,26	26,22	**22**	35,93	28,56	**22**	38,43	29,31	**24**	39,42	31,33
22	34,28	28	**22**	35,96	27,99	**22**	38,44	27,71	**24**	41,28	29,6
22	34,29	25,38	**22**	35,97	26,77	**22**	38,46	29,9	**26**	31,96	27,37
22	34,36	26,9	**22**	36,04	29,53	**22**	38,49	30	**26**	32,09	25,67
22	34,37	28,44	**22**	36,15	27,45	**22**	38,51	28,4	**26**	32,64	23,43
22	34,38	26,11	**22**	36,18	29,02	**22**	38,54	29	**26**	33,72	27,29
22	34,48	27,9	**22**	36,2	27,38	**22**	38,56	29,57	**26**	35,21	27,02

4.8.2 Moyennes (en mm)

US	Moyenne	US	Moyenne
8	36,1	19	36,91
9	36,695	20	35,82
11	37	22	35,91
12	39,115	23	0
13	36,75	24	34,7
15	36,12	25	0
16	35,83	26	35,075
17	0	28	34,08
18	33,65		

4.8.3 Test de d'Agostino

Calcul pour le longueur de valves de *Marcia marmorata*

US	Effectif	écart type	calcul de U	calcul de D	calcul de Q
12	89	3,01	6511	0,275	-2,331
13	50	4,813	3000	0,252	-7,139
16	70	3,272	4419	0,278	-1,248
18	98	3,602	9767	0,284	0,551
19	124	2,923	12640	0,282	0,092
22	212	2,916	36713	0,281	-0,626

au seuil de 0,05 soit 5% d'erreur			
US	**N**	**Q**	**H_0**
22	212	-0,626	accepté
19	124	0,092	accepté
18	98	0,551	accepté
16	70	-1,248	accepté
13	89	-7,139	refusé
12	89	-2,331	accepté

comparaison de la statistique Q à une table (Chenorkian, 1996)

4.8.4 Lissage de Kernel

US	h	n	US	h	N
8	0,739	11	**19**	0,851	124
11	1,543	29	**20**	1,964	26
12	1,362	89	**21**	0,303	25
13	1,831	50	**22**	0,739	212
15	2,221	19	**24**	3,062	13
16	0,421	70	**26**	3,3	8
18	0,561	98	**28**	1,21	34

Résultats du calcul du pas des histogrammes pour les mesures de valve de *Marcia marmorata* (méthode de Kernel)
h = pas de l'histogramme en mm ; n = nombre de mesures

4.8.5 Test F et Test T

		19	18	16	12
16	test F				F=1,181 soit F<F tab
	test T				ddl=157 T=6,509 $P<10^{-9}$
18	test F			F=1,212 soit F<F tab	F=1,432 soit F<F tab
	test T			ddl=166 T= 4,08 P<0,0001	ddl=185 T=11,29 $P<10^{-9}$
19	test F		F=1,518 soit F>F tab	F=1.252 soit F<F tab	F=1,059 soit F<F tab
	test T		T=7,265 ddl=222 T'=2,344 T'<T	ddl=192 T=2,292 P<0,05	ddl=211 T=5,337 $P<10^{-7}$
22	test F	F=1,005 soit F<F tab	F=1,575 soit F>F tab	**F=1,259 soit F<F tab**	F=1,065 soit F<F tab
	test T	ddl=334 T=9,873 $P<10^{-9}$	T=5,460 ddl=308 T'=0,868 T'<T	**ddl=280 T=0,182 0,80<P<0,90**	ddl=299 T=8,508 $P<10^{-9}$

Résultats des tests de comparaison de variance (test F) et moyenne (test T) pour les mesures de valves gauches de *Marcia marmorata* (SWY 1) par US. En gras sont indiquées les différences non significatives
Lorsque F>F tab (pour P=0,05), on utilise le test de Cochran si T'<T les différences de moyenne sont significatives
Lorsque F<F tab (pour P=0,05), on utilise le test de Student et si P<0,05 alors les différences de moyenne sont significatives.

4.9 Mesures effectuées sur les opercules de *Lunella coronata*

4.9.1 Données (en mm)

US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max
1	6,09	2,06	**1**	7,91	2,58	**1**	8,56	2,98	**1**	9,64	3,75
1	6,1	2,4	**1**	7,91	2,76	**1**	8,57	3,18	**1**	9,67	3,73
1	6,22	2,16	**1**	7,91	2,8	**1**	8,57	3,37	**1**	9,7	3,52
1	6,31	2,25	**1**	7,91	2,89	**1**	8,58	2,94	**1**	9,72	3,68
1	6,5	2,18	**1**	7,94	2,88	**1**	8,58	3,09	**1**	9,73	3,33
1	6,68	2,37	**1**	7,94	2,97	**1**	8,61	3	**1**	9,78	3,65
1	6,69	2,33	**1**	7,94	3,23	**1**	8,61	3,09	**1**	9,84	3,65
1	6,69	2,45	**1**	7,95	2,95	**1**	8,62	3,17	**1**	9,86	3,72
1	6,69	2,58	**1**	7,99	3,03	**1**	8,62	3,17	**1**	9,88	3,42
1	6,7	2,63	**1**	8	2,85	**1**	8,62	3,45	**1**	9,91	3,19
1	6,83	2,41	**1**	8	3	**1**	8,64	3,12	**1**	9,91	3,56
1	6,85	2,39	**1**	8	3,01	**1**	8,68	2,75	**1**	9,93	3,62
1	6,86	2,33	**1**	8	3,22	**1**	8,68	3,08	**1**	9,97	3,77
1	6,94	2,66	**1**	8,01	3,22	**1**	8,71	3,07	**1**	10	4,06
1	7,03	2,39	**1**	8,02	3,04	**1**	8,72	3,43	**1**	10,06	3,39
1	7,07	2,73	**1**	8,02	3,26	**1**	8,74	3,12	**1**	10,1	3,57
1	7,08	2,43	**1**	8,04	2,75	**1**	8,77	3,04	**1**	10,13	3,54
1	7,08	2,63	**1**	8,05	2,81	**1**	8,79	3	**1**	10,14	3,39
1	7,09	2,65	**1**	8,05	2,88	**1**	8,79	3,47	**1**	10,14	3,73
1	7,1	2,49	**1**	8,05	2,99	**1**	8,8	3,08	**1**	10,22	3,66
1	7,14	2,62	**1**	8,06	2,66	**1**	8,81	3,06	**1**	10,25	3,85
1	7,16	2,7	**1**	8,08	3,18	**1**	8,81	3,06	**1**	10,26	3,4
1	7,18	2,51	**1**	8,09	2,73	**1**	8,84	3,36	**1**	10,33	3,8
1	7,21	2,73	**1**	8,09	2,85	**1**	8,85	3,3	**1**	10,35	3,79
1	7,22	2,45	**1**	8,09	2,85	**1**	8,86	3,16	**1**	10,36	3,68
1	7,22	2,7	**1**	8,1	2,88	**1**	8,86	3,33	**1**	10,37	3,99
1	7,24	2,56	**1**	8,13	3,06	**1**	8,89	3,41	**1**	10,39	3,9
1	7,28	2,59	**1**	8,13	3,11	**1**	8,92	3,5	**1**	10,42	3,83
1	7,29	2,47	**1**	8,13	3,21	**1**	8,93	3,33	**1**	10,52	3,56
1	7,29	2,68	**1**	8,17	3,11	**1**	8,95	3,03	**1**	10,53	3,91
1	7,29	2,91	**1**	8,17	3,11	**1**	8,95	3,03	**1**	10,6	3,63
1	7,34	2,55	**1**	8,21	2,78	**1**	9	3,36	**1**	10,61	3,77
1	7,35	2,33	**1**	8,21	3	**1**	9	3,36	**1**	10,88	3,87
1	7,36	3,06	**1**	8,24	2,94	**1**	9,01	3,62	**1**	11,02	4,23
1	7,37	2,36	**1**	8,25	3,03	**1**	9,04	3,11	**1**	11,05	4,12
1	7,38	2,75	**1**	8,29	2,94	**1**	9,04	3,13	**1**	11,54	4,5
1	7,4	2,57	**1**	8,31	2,98	**1**	9,04	3,6	**1**	11,64	3
1	7,41	2,52	**1**	8,34	2,94	**1**	9,07	3,33	**1**	13,5	5,54
1	7,43	2,72	**1**	8,35	2,84	**1**	9,1	3,27	**2**	5,65	2,06
1	7,43	2,86	**1**	8,35	3,12	**1**	9,1	3,53	**2**	5,69	1,95
1	7,44	2,99	**1**	8,37	3,21	**1**	9,11	3,22	**2**	6,23	2,15
1	7,46	2,9	**1**	8,37	3,33	**1**	9,18	2,96	**2**	6,34	2,57
1	7,48	2,71	**1**	8,38	3,05	**1**	9,18	3,03	**2**	6,39	2,35
1	7,51	2,58	**1**	8,41	3,17	**1**	9,19	3,42	**2**	6,45	2,57
1	7,54	3,32	**1**	8,42	3,3	**1**	9,2	3,8	**2**	6,51	2,45
1	7,55	2,4	**1**	8,43	3,35	**1**	9,22	3,21	**2**	6,63	2,85
1	7,57	2,86	**1**	8,45	2,96	**1**	9,25	3,39	**2**	6,67	2,54
1	7,63	3,06	**1**	8,45	2,96	**1**	9,28	3,53	**2**	6,78	2,31
1	7,65	2,59	**1**	8,45	3,08	**1**	9,34	3,21	**2**	6,91	2,52
1	7,66	2,57	**1**	8,45	3,15	**1**	9,36	3,27	**2**	6,93	2,79
1	7,68	2,6	**1**	8,46	2,97	**1**	9,41	3,37	**2**	6,94	2,34
1	7,68	2,72	**1**	8,47	2,96	**1**	9,44	3,39	**2**	6,98	2,86
1	7,69	2,92	**1**	8,47	3,1	**1**	9,45	3,6	**2**	7,05	2,75
1	7,7	2,7	**1**	8,48	3,29	**1**	9,46	3,63	**2**	7,15	2,79
1	7,7	2,94	**1**	8,49	2,7	**1**	9,49	3,67	**2**	7,16	2,56
1	7,72	2,69	**1**	8,49	2,7	**1**	9,5	3,18	**2**	7,16	2,6
1	7,77	2,77	**1**	8,49	2,86	**1**	9,52	3,7	**2**	7,28	2,55
1	7,78	2,73	**1**	8,5	3,12	**1**	9,55	3,64	**2**	7,29	2,68
1	7,78	2,73	**1**	8,52	3,09	**1**	9,56	3,18	**2**	7,3	2,71
1	7,78	2,84	**1**	8,53	3,01	**1**	9,56	3,29	**2**	7,3	2,74
1	7,84	2,75	**1**	8,55	3,28	**1**	9,62	3,58	**2**	7,31	2,96
2	7,32	2,73	**2**	8,38	3,09	**2**	9,42	3,36	**3**	7,53	2,64

US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max
2	7,33	2,47	**2**	8,39	3,02	**2**	9,42	3,53	**3**	7,53	2,68
2	7,34	2,77	**2**	8,39	3,08	**2**	9,43	3,46	**3**	7,58	2,52
2	7,36	2,47	**2**	8,4	3,01	**2**	9,44	3,33	**3**	7,67	2,56
2	7,36	2,64	**2**	8,4	3,27	**2**	9,45	3,39	**3**	7,7	2,73
2	7,36	2,7	**2**	8,43	3,33	**2**	9,45	3,46	**3**	7,83	2,81
2	7,37	2,35	**2**	8,44	3,19	**2**	9,53	3,86	**3**	7,87	3,24
2	7,39	2,89	**2**	8,46	2,93	**2**	9,54	3,39	**3**	7,95	2,77
2	7,41	2,68	**2**	8,5	3,08	**2**	9,57	3,31	**3**	7,99	2,86
2	7,46	2,64	**2**	8,53	3,02	**2**	9,57	3,42	**3**	8,04	3,16
2	7,48	2,78	**2**	8,53	3,91	**2**	9,58	3,54	**3**	8,08	2,51
2	7,49	2,71	**2**	8,54	3,03	**2**	9,59	3,02	**3**	8,18	3,01
2	7,54	2,83	**2**	8,55	3,1	**2**	9,6	3,35	**3**	8,25	3,24
2	7,54	2,95	**2**	8,55	3,16	**2**	9,6	3,58	**3**	8,31	2,91
2	7,55	3,04	**2**	8,57	3,07	**2**	9,64	3,62	**3**	8,38	3,13
2	7,59	2,55	**2**	8,57	3,2	**2**	9,72	3,68	**3**	8,49	3,07
2	7,62	2,72	**2**	8,59	3	**2**	9,74	3,43	**3**	8,53	2,89
2	7,63	2,79	**2**	8,6	2,67	**2**	9,79	3,27	**3**	8,59	2,9
2	7,63	2,95	**2**	8,64	2,92	**2**	9,79	3,79	**3**	8,61	3
2	7,7	2,73	**2**	8,64	3	**2**	9,84	3,45	**3**	8,67	3,03
2	7,73	2,68	**2**	8,64	3,42	**2**	9,87	3,77	**3**	8,69	3,53
2	7,74	2,97	**2**	8,66	2,76	**2**	9,89	3,57	**3**	8,82	3,33
2	7,79	2,79	**2**	8,69	3,4	**2**	9,94	3,45	**3**	8,85	3,26
2	7,8	2,85	**2**	8,71	3,15	**2**	9,94	3,63	**3**	8,9	3,35
2	7,87	3	**2**	8,72	3,29	**2**	9,95		**3**	8,95	2,87
2	7,88	2,71	**2**	8,75	2,89	**2**	9,99	4,14	**3**	8,99	2,94
2	7,9	2,77	**2**	8,76	3,14	**2**	10,11	3,07	**3**	9,03	3,24
2	7,91	3,02	**2**	8,76	3,26	**2**	10,11	3,53	**3**	9,26	3,74
2	7,93	2,85	**2**	8,77	3,33	**2**	10,11	3,73	**3**	9,28	3,37
2	7,94	2,66	**2**	8,77	3,33	**2**	10,13	3,77	**3**	9,3	3,28
2	7,96	2,96	**2**	8,81	3,03	**2**	10,18	3,45	**3**	9,41	3,73
2	7,97	2,83	**2**	8,82	3,11	**2**	10,19	4,09	**3**	9,42	3,39
2	8,02	2,85	**2**	8,82	3,14	**2**	10,21	3,85	**3**	9,56	3,62
2	8,03	2,72	**2**	8,84	3,23	**2**	10,25	3,69	**3**	9,73	3,47
2	8,03	2,88	**2**	8,85	3,04	**2**	10,32	3,31	**3**	9,78	3,49
2	8,05	2,79	**2**	8,87	3,3	**2**	10,47	3,95	**3**	9,82	4,06
2	8,06	2,92	**2**	8,9	3,22	**2**	10,55	4,15	**3**	9,93	3,28
2	8,06	3,18	**2**	8,9	3,33	**2**	10,58	3,86	**3**	9,93	3,77
2	8,07	3,01	**2**	8,9	3,37	**2**	10,63	3,72	**3**	10,02	4,11
2	8,07	3,35	**2**	8,92	3,18	**2**	10,66	3,86	**3**	10,15	3,72
2	8,08	3,14	**2**	8,93	2,93	**2**	10,68	3,5	**3**	10,19	3,54
2	8,11	3,15	**2**	8,98	2,96	**2**	10,73	3,78	**3**	10,26	3,8
2	8,12	2,71	**2**	8,98	3,08	**2**	10,73	4,13	**3**	10,44	3,25
2	8,13	2,64	**2**	9,04	3,13	**2**	10,86	3,9	**3**	10,52	4
2	8,14	3,04	**2**	9,06	3,19	**2**	10,89	3,96	**3**	10,74	3,68
2	8,15	2,95	**2**	9,06	3,55	**2**	11,03	4,06	**3**	10,92	3,81
2	8,18	2,85	**2**	9,07	3,15	**2**	11,16	4,26	**3**	11,49	3,98
2	8,18	2,91	**2**	9,08	3,15	**2**	11,26	4,6	**3**	12,17	4,23
2	8,18	2,95	**2**	9,08	3,24	**2**	11,83	4,4	**4**	6,01	2,32
2	8,22	3,26	**2**	9,09	3,24	**3**	3,36	2,42	**4**	6,66	2,74
2	8,23	2,77	**2**	9,1	3,32	**3**	5,13	1,95	**4**	6,69	2,49
2	8,23	2,78	**2**	9,11	3,14	**3**	5,8	1,98	**4**	6,79	2,56
2	8,27	3,28	**2**	9,11	3,24	**3**	6,24	2,13	**4**	8,04	3,06
2	8,3	2,71	**2**	9,14	3,03	**3**	6,39	2,27	**4**	8,33	3,16
2	8,3	2,75	**2**	9,21	3,18	**3**	6,56	2,61	**4**	8,44	3,33
2	8,31	3,32	**2**	9,21	3,71	**3**	7,26	2,47	**4**	8,66	3,31
2	8,32	3	**2**	9,25	3,42	**3**	7,41	2,51	**4**	9,05	3,78
2	8,32	3,09	**2**	9,27	3,35	**3**	7,41	2,57	**4**	10,04	3,66
2	8,35	3,2	**2**	9,28	3,51	**3**	7,43	2,7	**4**	10,39	4,26
2	8,37	2,86	**2**	9,39	3,09	**3**	7,45	2,78	**4**	10,47	3,87
2	8,38	3,01	**2**	9,39	3,29	**3**	7,46	2,37	**5**	6,76	2,77
5	8,06	3,16	**7**	7,77	3,02	**7**	13,03	5,87	**11**	6,1	2,65
5	8,13	3,45	**7**	7,83	3,09	**8**	5,6	2,15	**11**	6,21	2,46
5	9,61	4,07	**7**	7,92	3,18	**8**	5,96	1,99	**11**	6,23	2,44
5	14,18	5,45	**7**	7,97	2,79	**8**	6,25	2,35	**11**	6,26	2,35
6	5,97	2,27	**7**	8,13	3,18	**8**	6,4	2,32	**11**	6,3	2,28
6	6,07	2,34	**7**	8,16	3,4	**8**	6,48	2,4	**11**	6,33	2,3

US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max
6	6,3	2,48	**7**	8,23	3	**8**	6,64	2,35	**11**	6,34	2,23
6	6,48	2,73	**7**	8,25	3,33	**8**	6,93	2,37	**11**	6,37	2,57
6	6,68	2,74	**7**	8,26	2,97	**8**	7,12	2,98	**11**	6,42	2,46
6	6,86	2,71	**7**	8,26	3,01	**8**	7,23	2,66	**11**	6,43	2,43
6	7,61	2,9	**7**	8,39	2,91	**8**	7,69	3,31	**11**	6,49	2,48
6	7,85	2,85	**7**	8,42	3,59	**8**	8,02	3	**11**	6,49	2,69
6	7,86	3,15	**7**	8,46	3,02	**8**	8,09	3,24	**11**	6,51	2,55
6	7,9	2,94	**7**	8,49	3,4	**8**	8,18	3,1	**11**	6,53	2,15
6	7,9	3,25	**7**	8,55	3,14	**8**	8,36	3,38	**11**	6,54	2,67
6	7,93	2,97	**7**	8,62	3,35	**8**	8,4	3,38	**11**	6,56	2,43
6	8,16	2,92	**7**	8,66	3,31	**8**	8,42	3,05	**11**	6,57	2,54
6	8,24	3,21	**7**	8,69	3,1	**8**	8,42	3,34	**11**	6,57	2,57
6	8,25	2,98	**7**	8,7	3,33	**8**	8,63	3,67	**11**	6,63	2,6
6	8,32	2,86	**7**	8,78	3,26	**8**	8,73	3,45	**11**	6,63	2,81
6	8,44	3,05	**7**	8,79	3,7	**8**	9,39	3,76	**11**	6,66	2,52
6	8,44	3,18	**7**	8,82	3,1	**8**	9,79	3,82	**11**	6,71	2,74
6	8,52	3,12	**7**	8,99	3,58	**8**	10,18	3,96	**11**	6,72	2,54
6	8,68	3,25	**7**	9,03	3,42	**8**	10,19	3,97	**11**	6,75	2,46
6	8,69	3,87	**7**	9,1	2,86	**8**	10,49	4,53	**11**	6,76	2,58
6	8,86	3,45	**7**	9,18	3,65	**8**	10,5	4,1	**11**	6,78	2,58
6	9,09	3,29	**7**	9,3	3,75	**8**	11,4	4,52	**11**	6,84	2,53
6	9,09	3,64	**7**	9,31	3,34	**8**	11,84	4,97	**11**	6,88	2,63
6	9,22	3,53	**7**	9,39	3,15	**8**	12,11	5,18	**11**	6,89	2,53
6	9,81	3,4	**7**	9,4	3,82	**8**	12,77	5,03	**11**	6,89	2,56
6	10,45	4,02	**7**	9,44	3,92	**8**	13,17	4,98	**11**	6,89	2,8
6	10,55	4,41	**7**	9,59	3,03	**9**	5,09	2,14	**11**	6,89	2,96
6	11,52	4,32	**7**	9,68	3,36	**9**	6,07	2,28	**11**	6,9	2,72
6	11,62	4,35	**7**	9,68	4,2	**9**	6,07	2,51	**11**	6,9	2,75
7	5,7	2,29	**7**	9,7	3,79	**9**	6,23	2,22	**11**	6,92	2,91
7	6,13	2,26	**7**	9,79	3,7	**9**	6,25	2,29	**11**	6,93	2,83
7	6,33	2,31	**7**	9,92	3,87	**9**	6,77	2,8	**11**	6,94	2,7
7	6,35	2,37	**7**	10	3,9	**9**	6,98	2,43	**11**	6,97	2,76
7	6,45	2,38	**7**	10,08	3,37	**9**	7,18	2,8	**11**	6,98	2,61
7	6,48	2,41	**7**	10,22	4,23	**9**	7,28	2,81	**11**	7	2,8
7	6,53	2,59	**7**	10,24	3,64	**9**	7,29	2,8	**11**	7	3,07
7	6,64	2,48	**7**	10,3	4,05	**9**	7,91	3,17	**11**	7,01	2,7
7	6,65	2,46	**7**	10,45	3,87	**9**	7,91	3,35	**11**	7,04	2,72
7	6,75	2,5	**7**	10,48	4,08	**9**	8,11	2,95	**11**	7,04	2,81
7	6,85	2,49	**7**	10,52	4,49	**9**	8,13	3,04	**11**	7,04	2,92
7	6,98	2,51	**7**	10,52	4,55	**9**	8,66	3,1	**11**	7,05	2,61
7	6,98	2,78	**7**	10,73	3,92	**9**	9	3,34	**11**	7,14	2,83
7	7,13	2,72	**7**	10,75	4,29	**9**	9,53	3,78	**11**	7,14	3,15
7	7,2	2,63	**7**	10,8	3,93	**9**	10,27	4,53	**11**	7,16	2,74
7	7,29	2,62	**7**	10,9	3,86	**11**	4,11	1,7	**11**	7,18	2,72
7	7,36	2,71	**7**	11,24	4,3	**11**	5,35	1,94	**11**	7,18	2,86
7	7,38	2,89	**7**	11,36	4,08	**11**	5,61	2,2	**11**	7,2	2,72
7	7,43	2,84	**7**	11,74	4,77	**11**	5,7	2,33	**11**	7,21	2,83
7	7,48	2,87	**7**	11,87	4,94	**11**	5,72	2,31	**11**	7,22	2,97
7	7,56	3,09	**7**	12,15	5,91	**11**	5,73	2,41	**11**	7,24	2,66
7	7,57	2,92	**7**	12,16	4,5	**11**	5,74	2,14	**11**	7,25	3,02
7	7,58	2,77	**7**	12,27	4,88	**11**	5,76	2,14	**11**	7,26	3,04
7	7,65	2,56	**7**	12,37	5,12	**11**	5,98	2,48	**11**	7,27	2,55
7	7,68	2,93	**7**	12,46	4,85	**11**	6	2,38	**11**	7,27	2,81
7	7,68	3,29	**7**	13,01	5,63	**11**	6,03	2,42	**11**	7,28	2,58
7	7,76	2,98	**7**	13,03	5,5	**11**	6,09	2,34	**11**	7,28	2,84
11	7,28	3,06	**11**	8,06	2,83	**11**	9,38	3,62	**12**	6,15	2,42
11	7,29	2,98	**11**	8,09	3,18	**11**	9,43	3,68	**12**	6,16	2,26
11	7,3	2,86	**11**	8,09	3,3	**11**	9,46	3,72	**12**	6,17	2,23
11	7,31	2,7	**11**	8,1	3,11	**11**	9,5	4,02	**12**	6,17	2,34
11	7,31	2,81	**11**	8,14	3,21	**11**	9,56	3,73	**12**	6,17	2,38
11	7,32	2,85	**11**	8,14	3,44	**11**	9,61	3,57	**12**	6,17	2,44
11	7,32	2,89	**11**	8,15	3,19	**11**	9,78	3,96	**12**	6,18	2,28
11	7,34	2,65	**11**	8,16	3,44	**11**	9,85	3,85	**12**	6,19	2,28
11	7,35	2,85	**11**	8,26	2,99	**11**	9,88	3,94	**12**	6,2	2,16
11	7,35	3,09	**11**	8,26	3,24	**11**	9,9	4,07	**12**	6,2	2,26
11	7,36	2,93	**11**	8,26	3,37	**11**	9,93	3,8	**12**	6,22	2,28
11	7,36	3,33	**11**	8,3	2,98	**11**	10,06	4,13	**12**	6,24	2,44

US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max
11	7,37	2,88	**11**	8,3	3,04	**11**	10,07	3,87	**12**	6,24	2,52
11	7,38	2,85	**11**	8,31	3,19	**11**	10,16	3,61	**12**	6,25	2,26
11	7,39	2,76	**11**	8,32	3,26	**11**	10,18	4,1	**12**	6,25	2,43
11	7,4	2,9	**11**	8,33	3,19	**11**	10,22	3,88	**12**	6,26	2,27
11	7,41	2,71	**11**	8,34	3,28	**11**	10,35	4,06	**12**	6,26	2,34
11	7,43	2,58	**11**	8,34	3,5	**11**	10,39	4,35	**12**	6,28	2,26
11	7,43	2,9	**11**	8,35	3,07	**11**	10,56	4,2	**12**	6,28	2,31
11	7,44	3,09	**11**	8,36	3,37	**11**	10,64	4,42	**12**	6,28	2,41
11	7,45	2,91	**11**	8,37	3,54	**11**	10,77	4,41	**12**	6,28	2,56
11	7,46	3,24	**11**	8,4	3,21	**11**	10,78	4,37	**12**	6,29	2,67
11	7,49	2,97	**11**	8,41	3,32	**11**	10,85	4,37	**12**	6,31	2,43
11	7,51	2,72	**11**	8,42	3,25	**11**	11,57	4,79	**12**	6,31	2,56
11	7,51	3	**11**	8,42	3,25	**12**	3,18	1,21	**12**	6,33	2,39
11	7,53	2,86	**11**	8,44	3,64	**12**	4,96	1,85	**12**	6,34	2,34
11	7,54	3,07	**11**	8,52	3,38	**12**	5,48	2,13	**12**	6,34	2,46
11	7,54	3,22	**11**	8,55	3,36	**12**	5,49	2,02	**12**	6,34	2,54
11	7,55	3,21	**11**	8,57	3,39	**12**	5,53	2,05	**12**	6,37	2,48
11	7,57	2,94	**11**	8,57	3,47	**12**	5,59	1,88	**12**	6,37	2,56
11	7,57	3,14	**11**	8,58	3,33	**12**	5,59	2,24	**12**	6,38	2,27
11	7,59	2,78	**11**	8,6	3,03	**12**	5,65	2,01	**12**	6,38	2,49
11	7,59	2,9	**11**	8,6	3,22	**12**	5,65	2,14	**12**	6,39	2,48
11	7,63	2,87	**11**	8,6	3,42	**12**	5,67	2,27	**12**	6,41	2,59
11	7,66	2,9	**11**	8,61	3,26	**12**	5,74	2,12	**12**	6,42	2,47
11	7,66	2,98	**11**	8,61	3,61	**12**	5,75	2,27	**12**	6,43	2,6
11	7,67	2,78	**11**	8,65	3,5	**12**	5,77	2,17	**12**	6,44	2,47
11	7,67	2,96	**11**	8,66	3,42	**12**	5,77	2,18	**12**	6,44	2,47
11	7,71	3,06	**11**	8,69	3,26	**12**	5,78	2,06	**12**	6,46	2,31
11	7,73	2,94	**11**	8,74	3,47	**12**	5,78	2,32	**12**	6,46	2,79
11	7,75	2,85	**11**	8,75	3,57	**12**	5,79	2,39	**12**	6,48	2,37
11	7,75	3,12	**11**	8,76	3,2	**12**	5,83	2,06	**12**	6,49	2,33
11	7,77	3,14	**11**	8,76	3,36	**12**	5,85	2,33	**12**	6,49	2,56
11	7,79	3,01	**11**	8,81	3,37	**12**	5,87	2,29	**12**	6,5	2,52
11	7,82	3,34	**11**	8,89	3,95	**12**	5,89	2,22	**12**	6,52	2,53
11	7,83	3,13	**11**	8,9	3,9	**12**	5,89	2,28	**12**	6,53	2,54
11	7,84	2,91	**11**	8,91	3,49	**12**	5,94	2,25	**12**	6,53	2,78
11	7,85	3,05	**11**	8,91	3,6	**12**	6,01	2,19	**12**	6,55	2,63
11	7,88	3,2	**11**	8,91	3,66	**12**	6,01	2,34	**12**	6,57	2,4
11	7,93	2,75	**11**	8,95	3,12	**12**	6,04	2,31	**12**	6,58	2,35
11	7,93	2,97	**11**	8,95	3,34	**12**	6,05	2,36	**12**	6,58	2,68
11	7,94	3,22	**11**	8,95	3,48	**12**	6,06	2,15	**12**	6,59	2,46
11	7,94	3,23	**11**	9,01	3,26	**12**	6,06	2,28	**12**	6,6	2,36
11	7,94	3,27	**11**	9,04	3,57	**12**	6,07	2,34	**12**	6,62	2,4
11	7,96	3,14	**11**	9,04	3,74	**12**	6,09	2,29	**12**	6,62	2,46
11	7,98	3,16	**11**	9,1	3,8	**12**	6,1	2,32	**12**	6,63	2,52
11	7,98	3,25	**11**	9,2	3,5	**12**	6,1	2,42	**12**	6,64	2,48
11	8	3,1	**11**	9,25	3,65	**12**	6,11	2,08	**12**	6,65	2,71
11	8	3,12	**11**	9,26	3,57	**12**	6,11	2,2	**12**	6,68	2,45
11	8,01	3,14	**11**	9,26	3,78	**12**	6,11	2,33	**12**	6,68	2,51
11	8,04	3,06	**11**	9,33	3,66	**12**	6,12	2,31	**12**	6,68	2,51
12	6,68	2,53	**12**	7,11	2,69	**12**	7,57	2,9	**12**	8,17	3,3
12	6,69	2,43	**12**	7,11	2,82	**12**	7,58	2,85	**12**	8,17	3,3
12	6,69	2,56	**12**	7,12	2,4	**12**	7,58	2,96	**12**	8,18	2,87
12	6,69	2,81	**12**	7,12	2,74	**12**	7,59	2,8	**12**	8,19	2,89
12	6,7	2,64	**12**	7,14	2,71	**12**	7,64	3,01	**12**	8,2	3,2
12	6,7	2,69	**12**	7,14	2,8	**12**	7,65	2,96	**12**	8,21	3,16
12	6,7	2,76	**12**	7,15	2,79	**12**	7,69	2,62	**12**	8,21	3,26
12	6,72	2,44	**12**	7,16	2,56	**12**	7,69	2,87	**12**	8,22	3,29
12	6,72	2,53	**12**	7,17	2,77	**12**	7,69	2,93	**12**	8,23	3,06
12	6,72	2,57	**12**	7,17	2,81	**12**	7,69	2,94	**12**	8,24	3,18
12	6,73	2,58	**12**	7,18	2,88	**12**	7,7	3,15	**12**	8,24	3,31
12	6,73	2,67	**12**	7,21	2,73	**12**	7,7	3,23	**12**	8,25	3,4
12	6,74	2,59	**12**	7,22	2,87	**12**	7,7	3,31	**12**	8,28	3,4
12	6,74	2,66	**12**	7,23	2,73	**12**	7,71	2,92	**12**	8,29	3,01
12	6,75	2,54	**12**	7,24	3,08	**12**	7,73	2,94	**12**	8,3	3,01
12	6,75	2,68	**12**	7,26	2,75	**12**	7,73	2,97	**12**	8,3	3,32
12	6,76	2,51	**12**	7,26	3,1	**12**	7,74	2,75	**12**	8,31	3,18
12	6,76	2,61	**12**	7,27	2,89	**12**	7,74	3,03	**12**	8,32	3,29

US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max
12	6,76	2,63	**12**	7,27	3,08	**12**	7,74	3,07	**12**	8,32	3,44
12	6,78	2,38	**12**	7,28	2,65	**12**	7,75	2,9	**12**	8,33	3,26
12	6,78	2,6	**12**	7,28	2,69	**12**	7,75	3	**12**	8,34	3,05
12	6,79	2,54	**12**	7,28	2,71	**12**	7,75	3,13	**12**	8,37	3,24
12	6,79	2,57	**12**	7,28	2,9	**12**	7,76	3,29	**12**	8,37	3,24
12	6,79	2,59	**12**	7,28	3,01	**12**	7,77	2,79	**12**	8,4	3,39
12	6,79	2,82	**12**	7,29	2,94	**12**	7,77	2,87	**12**	8,4	3,62
12	6,8	2,6	**12**	7,3	2,64	**12**	7,77	2,92	**12**	8,43	3,26
12	6,81	2,51	**12**	7,3	2,88	**12**	7,77	3,34	**12**	8,45	3,45
12	6,81	2,56	**12**	7,32	2,71	**12**	7,777	2,97	**12**	8,46	3,23
12	6,81	2,65	**12**	7,32	2,94	**12**	7,82	3,06	**12**	8,47	3,65
12	6,82	2,6	**12**	7,34	3,38	**12**	7,82	3,07	**12**	8,5	3,17
12	6,84	2,64	**12**	7,35	2,77	**12**	7,84	2,98	**12**	8,5	3,37
12	6,85	2,47	**12**	7,36	2,88	**12**	7,84	3,05	**12**	8,5	3,47
12	6,86	2,67	**12**	7,36	3,15	**12**	7,84	3,05	**12**	8,52	3,22
12	6,88	2,7	**12**	7,38	2,7	**12**	7,84	3,24	**12**	8,53	3,13
12	6,89	2,58	**12**	7,39	2,69	**12**	7,86	3,19	**12**	8,53	3,69
12	6,89	2,78	**12**	7,4	2,91	**12**	7,87	2,91	**12**	8,55	3,59
12	6,9	2,48	**12**	7,4	3,09	**12**	7,87	3,24	**12**	8,6	3,39
12	6,9	2,62	**12**	7,41	2,65	**12**	7,88	3,02	**12**	8,61	3,33
12	6,9	2,67	**12**	7,42	2,78	**12**	7,9	3,32	**12**	8,61	3,54
12	6,91	2,57	**12**	7,42	3,02	**12**	7,92	2,93	**12**	8,62	3,15
12	6,93	2,67	**12**	7,43	2,57	**12**	7,92	3,12	**12**	8,62	3,33
12	6,95	2,57	**12**	7,44	2,66	**12**	7,93	3,18	**12**	8,65	3,35
12	6,96	2,59	**12**	7,44	2,87	**12**	7,96	3,29	**12**	8,68	3,14
12	6,96	2,75	**12**	7,45	3,09	**12**	7,98	3,14	**12**	8,68	3,36
12	6,98	2,56	**12**	7,46	2,67	**12**	7,99	2,91	**12**	8,7	3,21
12	6,98	2,7	**12**	7,46	2,68	**12**	7,99	3,5	**12**	8,71	3,63
12	6,99	2,71	**12**	7,46	2,9	**12**	8	3,22	**12**	8,72	3,21
12	6,99	2,72	**12**	7,47	3,23	**12**	8	3,22	**12**	8,79	3,48
12	6,99	2,82	**12**	7,48	3,09	**12**	8	3,35	**12**	8,8	3,43
12	7,01	2,91	**12**	7,51	2,95	**12**	8,02	3,11	**12**	8,81	3,59
12	7,03	2,57	**12**	7,52	2,98	**12**	8,04	3,24	**12**	8,81	3,61
12	7,03	2,73	**12**	7,52	3,22	**12**	8,05	2,95	**12**	8,88	3,8
12	7,03	2,75	**12**	7,53	2,91	**12**	8,06	3,15	**12**	8,89	3,41
12	7,04	2,69	**12**	7,53	3,02	**12**	8,07	3,02	**12**	8,93	3,55
12	7,05	2,28	**12**	7,54	2,91	**12**	8,08	3,12	**12**	8,94	3,6
12	7,05	2,65	**12**	7,55	2,83	**12**	8,08	3,17	**12**	8,95	3,33
12	7,05	2,75	**12**	7,55	2,94	**12**	8,13	3,17	**12**	8,95	3,43
12	7,06	2,73	**12**	7,55	2,97	**12**	8,14	3,17	**12**	8,97	3,52
12	7,06	2,84	**12**	7,55	3,02	**12**	8,15	3,02	**12**	8,98	3,68
12	7,07	2,88	**12**	7,55	3,06	**12**	8,15	3,2	**12**	8,99	3,93
12	7,11	2,56	**12**	7,55	3,22	**12**	8,16	3,29	**12**	9,02	3,49
12	9,03	3,63	**13**	7,03	2,96	**15**	6,77	2,41	**15**	9,11	3,53
12	9,06	3,66	**13**	7,04	2,53	**15**	6,86	2,69	**15**	9,4	3,73
12	9,07	3,32	**13**	7,06	2,6	**15**	6,89	2,74	**15**	9,44	3,74
12	9,1	3,83	**13**	7,07	2,92	**15**	6,92	2,49	**15**	9,55	3,75
12	9,13	3,57	**13**	7,1	2,79	**15**	7	2,62	**15**	9,63	4,12
12	9,19	3,68	**13**	7,16	2,96	**15**	7,01	2,88	**15**	9,68	3,86
12	9,19	3,79	**13**	7,17	2,84	**15**	7,05	2,68	**15**	9,71	3,46
12	9,2	3,83	**13**	7,41	2,73	**15**	7,06	2,55	**15**	9,98	4,04
12	9,21	3,34	**13**	7,42	3,08	**15**	7,07	2,56	**15**	10,03	3,98
12	9,21	3,79	**13**	7,47	3	**15**	7,07	2,66	**15**	10,32	4,3
12	9,23	3,44	**13**	7,48	3,07	**15**	7,09	2,7	**15**	11,23	4,65
12	9,23	3,56	**13**	7,49	2,72	**15**	7,1	2,55	**15**	12,27	4,57
12	9,27	3,88	**13**	7,51	2,87	**15**	7,15	2,66	**16**	5,83	2,32
12	9,3	3,48	**13**	7,61	2,71	**15**	7,15	3,03	**16**	5,99	2,5
12	9,35	3,69	**13**	7,62	2,93	**15**	7,27	2,5	**16**	6,09	2,32
12	9,38	4	**13**	7,64	2,94	**15**	7,29	3,07	**16**	6,25	2,57
12	9,49	3,92	**13**	7,7	2,92	**15**	7,32	2,77	**16**	6,27	2,3
12	9,54	3,56	**13**	7,72	2,73	**15**	7,32	2,78	**16**	6,3	2,35
12	9,58	3,65	**13**	8,08	2,84	**15**	7,32	2,79	**16**	6,33	2,44
12	9,68	3,51	**13**	8,12	3,22	**15**	7,46	2,9	**16**	6,44	2,39
12	9,68	3,61	**13**	8,35	3,19	**15**	7,52	2,99	**16**	6,45	2,41
12	9,7	3,65	**13**	8,38	3,07	**15**	7,53	2,82	**16**	6,48	2,29
12	9,79	3,96	**13**	8,43	3,09	**15**	7,56	2,92	**16**	6,49	2,52
12	9,8	4,32	**13**	8,63	3,56	**15**	7,62	2,87	**16**	6,5	2,51

US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max
12	9,91	4,06	**13**	8,72	3,21	**15**	7,63	2,98	**16**	6,52	2,24
12	9,99	3,81	**13**	8,92	3,4	**15**	7,63	3,02	**16**	6,53	2,55
12	10,03	4,31	**13**	8,98	3,52	**15**	7,63	3,09	**16**	6,54	2,39
12	10,04	4,81	**13**	9,08	3,6	**15**	7,64	3,04	**16**	6,57	2,42
12	10,06	4,23	**13**	9,25	4,03	**15**	7,66	2,81	**16**	6,66	2,38
12	10,12	4,19	**13**	9,72	3,66	**15**	7,69	2,76	**16**	6,66	2,69
12	10,14	3,94	**13**	9,86	4,24	**15**	7,69	2,94	**16**	6,68	2,4
12	10,21	4,01	**13**	9,89	3,93	**15**	7,7	2,86	**16**	6,74	2,55
12	10,24	4,32	**13**	9,92	3,98	**15**	7,71	3,33	**16**	6,76	2,35
12	10,39	4,57	**13**	9,96	3,95	**15**	7,77	3,42	**16**	6,8	2,65
12	10,41	4,34	**13**	10,16	4,09	**15**	7,83	3,11	**16**	6,81	2,57
12	10,45	4,13	**13**	10,65	3,96	**15**	7,84	2,9	**16**	6,81	2,58
12	10,53	4,59	**13**	12,98	6,1	**15**	7,85	3,08	**16**	6,84	2,8
12	10,71	4,33	**15**	5,6	2,06	**15**	7,85	3,45	**16**	6,85	2,66
12	10,72	4,36	**15**	5,73	2,23	**15**	7,89	2,89	**16**	6,87	2,8
12	10,85	4,74	**15**	5,94	2,43	**15**	7,89	2,91	**16**	6,89	2,4
12	10,95	4,14	**15**	6,01	2,47	**15**	7,91	3,05	**16**	6,94	2,67
12	11,09	4,46	**15**	6,13	2,36	**15**	7,91	3,15	**16**	6,95	2,54
12	11,3	4,51	**15**	6,16	2,38	**15**	7,92	3,16	**16**	6,95	2,71
12	11,45	4,49	**15**	6,24	2,31	**15**	7,93	2,82	**16**	6,98	2,68
12	12,02	4,76	**15**	6,26	2,47	**15**	8,04	2,97	**16**	6,99	2,48
12	12,4	5,32	**15**	6,29	2,43	**15**	8,06	3,1	**16**	7,01	2,68
13	5,39	2,12	**15**	6,34	2,54	**15**	8,06	3,42	**16**	7,02	2,51
13	5,55	2,06	**15**	6,36	2,52	**15**	8,09	3,21	**16**	7,04	2,75
13	5,69	2,23	**15**	6,42	2,19	**15**	8,1	3,12	**16**	7,05	2,82
13	5,94	2,46	**15**	6,42	2,49	**15**	8,18	3	**16**	7,07	2,69
13	6,08	2,33	**15**	6,43	2,28	**15**	8,2	3,02	**16**	7,08	2,83
13	6,11	2,36	**15**	6,45	2,32	**15**	8,28	3,41	**16**	7,08	2,87
13	6,28	2,29	**15**	6,48	2,45	**15**	8,37	3,31	**16**	7,09	2,67
13	6,52	2,36	**15**	6,52	2,92	**15**	8,37	3,42	**16**	7,1	2,7
13	6,55	2,56	**15**	6,54	2,37	**15**	8,51	3	**16**	7,17	2,59
13	6,61	2,51	**15**	6,6	2,5	**15**	8,51	3,67	**16**	7,18	2,6
13	6,67	2,38	**15**	6,63	2,65	**15**	8,6	3,51	**16**	7,18	2,7
13	6,68	2,68	**15**	6,67	2,56	**15**	8,69	3,31	**16**	7,2	2,64
13	6,87	2,51	**15**	6,68	2,46	**15**	8,7	3,45	**16**	7,26	2,99
13	6,96	2,89	**15**	6,7	2,72	**15**	8,87	3,33	**16**	7,27	2,79
13	7,01	2,84	**15**	6,72	2,51	**15**	9,06	3,65	**16**	7,28	2,59
16	7,3	2,77	**16**	8,09	3,12	**16**	9,28	3,75	**16**	10,42	3,97
16	7,3	2,91	**16**	8,11	3,13	**16**	9,3	3,35	**16**	10,43	3,74
16	7,31	2,69	**16**	8,12	2,92	**16**	9,3	3,8	**16**	10,46	4,13
16	7,32	2,67	**16**	8,12	3,05	**16**	9,32	3,47	**16**	10,48	4,26
16	7,32	2,91	**16**	8,13	3,03	**16**	9,32	3,51	**16**	10,5	3,88
16	7,34	2,86	**16**	8,14	3,33	**16**	9,32	3,62	**16**	10,56	4,4
16	7,34	3,12	**16**	8,14	3,34	**16**	9,34	3,48	**16**	10,6	4,15
16	7,35	2,79	**16**	8,15	3,14	**16**	9,39	3,91	**16**	10,63	3,83
16	7,4	2,67	**16**	8,15	3,31	**16**	9,4	3,53	**16**	10,66	4,04
16	7,4	2,77	**16**	8,17	3,28	**16**	9,4	3,77	**16**	10,68	3,96
16	7,41	2,74	**16**	8,18	3,26	**16**	9,41	3,96	**16**	10,68	4,12
16	7,41	2,88	**16**	8,2	3,08	**16**	9,44	3,59	**16**	10,69	4,21
16	7,41	2,88	**16**	8,24	3,12	**16**	9,46	4,03	**16**	10,7	3,97
16	7,48	2,91	**16**	8,25	3,26	**16**	9,48	3,78	**16**	10,7	4,06
16	7,49	2,74	**16**	8,26	3,22	**16**	9,49	3,59	**16**	10,7	4,26
16	7,49	2,99	**16**	8,31	3,26	**16**	9,5	3,84	**16**	10,73	4,13
16	7,5	2,69	**16**	8,32	3,21	**16**	9,6	3,57	**16**	10,74	4,19
16	7,52	2,72	**16**	8,34	3,26	**16**	9,62	3,77	**16**	10,76	4,04
16	7,56	3,12	**16**	8,37	3,1	**16**	9,62	3,8	**16**	10,8	4,8
16	7,56	3,13	**16**	8,43	3,16	**16**	9,64	3,74	**16**	10,82	4,3
16	7,58	2,97	**16**	8,43	3,4	**16**	9,64	3,8	**16**	10,82	4,57
16	7,6	2,79	**16**	8,44	3,26	**16**	9,66	3,68	**16**	10,84	4,05
16	7,65	3,2	**16**	8,44	3,36	**16**	9,68	3,77	**16**	10,89	4
16	7,66	3,12	**16**	8,44	3,49	**16**	9,69	3,46	**16**	10,92	4,23
16	7,68	2,67	**16**	8,46	3,11	**16**	9,76	3,64	**16**	10,93	4,59
16	7,68	3,23	**16**	8,47	3,33	**16**	9,76	3,93	**16**	10,95	4,2
16	7,7	2,75	**16**	8,48	3,25	**16**	9,77	3,91	**16**	10,95	4,37
16	7,7	2,92	**16**	8,48	3,28	**16**	9,78	3,65	**16**	11,03	4,02
16	7,72	2,89	**16**	8,51	3,48	**16**	9,78	3,77	**16**	11,14	4,62
16	7,73	2,95	**16**	8,55	3,05	**16**	9,79	3,83	**16**	11,15	4,83

US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max
16	7,73	3,05	**16**	8,56	3,58	**16**	9,8	3,64	**16**	11,26	4,55
16	7,74	2,88	**16**	8,61	3,5	**16**	9,81	3,97	**16**	11,48	4,5
16	7,75	3,12	**16**	8,62	3,42	**16**	9,86	3,3	**16**	11,59	4,33
16	7,76	2,9	**16**	8,66	3,59	**16**	9,86	3,98	**16**	11,63	4,25
16	7,78	3,09	**16**	8,68	2,99	**16**	9,91	3,64	**16**	11,76	4,9
16	7,78	3,36	**16**	8,72	3,36	**16**	9,94	4,05	**16**	11,84	4,45
16	7,81	3,08	**16**	8,73	3,6	**16**	9,95	3,97	**16**	11,96	5,17
16	7,81	3,28	**16**	8,74	3,39	**16**	9,95	4,25	**16**	12,9	5,23
16	7,82	3,06	**16**	8,74	3,5	**16**	9,97	3,71	**16**	13,01	5,26
16	7,83	2,98	**16**	8,75	3,13	**16**	9,99	3,94	**17**	6,45	2,33
16	7,85	3,17	**16**	8,78	3,38	**16**	10,01	4,16	**17**	6,76	2,53
16	7,86	2,92	**16**	8,81	3,53	**16**	10,04	4,55	**17**	6,78	2,67
16	7,88	2,94	**16**	8,83	3,5	**16**	10,06	4,25	**17**	6,81	2,68
16	7,88	3,1	**16**	8,83	3,61	**16**	10,11	3,38	**17**	6,86	2,62
16	7,88	3,26	**16**	8,83	3,68	**16**	10,13	3,94	**17**	7,05	3
16	7,88	3,31	**16**	8,88	3,08	**16**	10,14	3,65	**17**	7,17	2,68
16	7,91	3	**16**	8,92	2,9	**16**	10,15	3,87	**17**	7,3	2,92
16	7,92	2,82	**16**	8,97	3,51	**16**	10,18	3,9	**17**	7,57	2,91
16	7,95	3,1	**16**	9	3,65	**16**	10,2	3,21	**17**	7,6	2,94
16	7,96	3,1	**16**	9,02	3,72	**16**	10,2	3,82	**17**	7,72	3,1
16	7,96	3,2	**16**	9,04	3,33	**16**	10,2	4,14	**17**	7,77	3,19
16	7,97	3,08	**16**	9,07	3,34	**16**	10,2	4,5	**17**	7,81	2,93
16	7,97	3,15	**16**	9,07	3,71	**16**	10,24	4,23	**17**	7,83	3,01
16	7,97	3,17	**16**	9,07	3,93	**16**	10,35	3,56	**17**	7,83	3,09
16	8,01	3,11	**16**	9,1	3,72	**16**	10,37	3,8	**17**	7,89	2,98
16	8,01	3,21	**16**	9,12	3,34	**16**	10,37	3,93	**17**	7,89	3,08
16	8,04	2,95	**16**	9,16	3,77	**16**	10,37	4,04	**17**	7,9	2,8
16	8,04	3,13	**16**	9,18	3,73	**16**	10,4	3,75	**17**	7,95	3,25
16	8,05	3,03	**16**	9,19	3,69	**16**	10,41	3,77	**17**	7,98	3,27
16	8,05	3,09	**16**	9,2	3,7	**16**	10,41	3,87	**17**	8,02	3,13
16	8,09	2,99	**16**	9,24	3,54	**16**	10,41	3,98	**17**	8,06	3,12
17	8,1	3,16	**18**	7,36	2,82	**23**	6,2	2,3	**24**	8,9	3,33
17	8,12	3	**18**	7,49	3,04	**23**	6,36	2,25	**24**	8,95	3,52
17	8,16	3,12	**18**	7,54	2,81	**23**	6,65	2,39	**24**	9,25	4,05
17	8,16	3,15	**18**	7,59	2,73	**23**	7,12	2,9	**24**	9,26	3,64
17	8,17	3,12	**18**	7,83	2,92	**23**	7,15	2,64	**24**	9,32	3,65
17	8,26	3,32	**18**	7,93	2,85	**23**	7,59	3,14	**24**	9,35	3,42
17	8,29	3,26	**18**	7,94	3,05	**23**	7,61	2,97	**24**	9,4	4,09
17	8,31	3,23	**18**	8,01	3,1	**23**	7,67	2,78	**24**	9,94	4,02
17	8,36	2,87	**18**	8,08	3,13	**23**	7,69	2,95	**24**	10,31	4,16
17	8,42	3,17	**18**	8,14	3,06	**23**	7,84	3,16	**25**	5,39	1,9
17	8,44	3,17	**18**	8,25	3,04	**23**	7,97	3,11	**25**	5,55	2
17	8,44	3,22	**18**	8,25	3,16	**23**	8,19	3,29	**25**	5,78	2,46
17	8,47	3,31	**18**	8,33	3,22	**23**	8,73	3,48	**25**	6,29	2,48
17	8,49	3,01	**18**	8,35	3,39	**23**	8,74	3,62	**25**	6,4	2,61
17	8,5	3,28	**18**	8,4	3,26	**23**	8,84	3,61	**25**	6,56	2,66
17	8,57	3,22	**18**	8,53	3,19	**23**	9,07	3,38	**25**	6,58	2,54
17	8,65	3,47	**18**	8,62	3,11	**23**	9,33	3,64	**25**	6,61	2,81
17	8,65	4,19	**18**	8,65	3,5	**23**	9,51	3,99	**25**	6,72	2,58
17	8,7	3,17	**18**	8,66	3,3	**23**	9,6	3,99	**25**	6,74	2,61
17	8,7	3,28	**18**	8,73	3,75	**23**	9,65	3,64	**25**	6,77	2,91
17	8,77	3,38	**18**	8,76	3,29	**23**	9,66	3,76	**25**	6,88	2,91
17	8,88	3,26	**18**	8,77	3,5	**23**	11,9	5,28	**25**	6,92	2,8
17	8,89	3,45	**18**	8,88	3,62	**24**	6,05	2,35	**25**	6,97	2,68
17	8,93	3,93	**18**	8,95	3,34	**24**	6,35	2,67	**25**	6,98	2,88
17	8,97	3,22	**18**	9,11	3,45	**24**	6,37	2,7	**25**	6,99	2,61
17	9,06	4,28	**18**	9,14	3,57	**24**	6,38	2,48	**25**	7,15	2,87
17	9,18	4,16	**18**	9,22	3,4	**24**	6,39	2,38	**25**	7,16	2,91
17	9,19	3,68	**18**	9,23	3,09	**24**	6,41	2,44	**25**	7,18	2,83
17	9,21	3,55	**18**	9,47	3,48	**24**	6,42	2,89	**25**	7,25	2,94
17	9,27	3,56	**18**	9,49	3,6	**24**	6,43	2,45	**25**	7,26	3,12
17	9,27	3,57	**18**	9,52	3,57	**24**	6,59	2,75	**25**	7,29	3,03
17	9,28	3,46	**18**	9,56	3,81	**24**	6,83	2,65	**25**	7,44	2,99
17	9,35	3,82	**18**	9,73	3,87	**24**	6,87	2,55	**25**	7,46	2,79
17	9,39	3,96	**18**	9,78	4,45	**24**	6,91	2,72	**25**	7,75	3,03
17	9,4	3,85	**18**	9,81	4	**24**	6,93	2,5	**25**	7,75	3,12
17	9,44	3,4	**18**	9,82	4,16	**24**	7	2,86	**25**	7,91	3,42

US	Dia. max	Ht max
17	9,49	3,98
17	9,57	3,63
17	9,62	3,69
17	9,65	3,49
17	9,65	3,9
17	9,7	3,67
17	9,81	3,83
17	9,84	3,73
17	9,92	3,99
17	10,35	4,1
17	10,46	4
17	10,8	4,37
17	10,87	4,48
17	11,04	4,73
17	11,07	4,6
17	11,21	4,92
17	11,49	4,85
18	6,24	2,52
18	6,58	2,5
18	6,62	2,89
18	6,69	2,49
18	6,71	2,36
18	6,79	2,65
18	6,94	2,76
18	7,23	3,16
26	7,02	3
26	7,17	2,91
26	8,12	3,05
26	8,93	3,71
28	5,22	2,17
28	5,33	2,19
28	5,38	2,1
28	5,4	2,14
28	5,67	2,09
28	5,85	2,17

US	Dia. max	Ht max
28	5,85	2,21
28	5,86	2,39
28	5,92	2,39
28	5,97	2,42
28	5,99	2,41
28	6	2,56
28	6,01	2,28
28	6,07	2,19
28	6,07	2,38
28	6,08	2,36
28	6,1	2,34
28	6,18	2,4
28	6,19	2,22
28	6,19	2,46
28	6,2	2,67
28	6,23	2,72
28	6,3	2,43
28	6,33	2,67
28	6,33	2,71
28	6,46	2,45
28	6,48	2,6
28	6,48	2,72
28	6,48	2,9
28	6,5	2,46
28	6,56	2,63
28	6,6	2,69
28	6,64	2,53
28	6,72	2,47
28	6,79	2,83
28	6,84	2,88
28	6,9	2,76

US	Dia. max	Ht max
18	9,83	3,71
18	9,9	3,89
18	9,95	3,96
18	10,36	4,11
18	10,52	4,14
18	10,52	4,18
18	10,87	4,5
18	11,15	4,42
18	11,22	4,22
18	11,67	4,72
18	11,8	5,12
19	7,22	2,9
19	7,3	2,8
19	7,81	3,11
19	8,85	3,18
19	8,93	3,4
22	7,14	2,71
22	7,39	2,88
22	8,07	2,95
22	8,29	2,87
22	8,33	3,66
22	8,42	3,44
22	8,71	3,37
22	8,91	3,56
23	6,05	2,38
28	7,99	3,35
28	8,01	3,07
28	8,1	3,02
28	8,13	3,49
28	8,15	3,51
28	8,16	3,06
28	8,5	3,78
28	8,58	3,32
28	8,6	3,5
28	9,54	3,92

US	Dia. max	Ht max
28	9,73	3,89
28	9,94	4,25
28	10,09	4,09
28	11,32	4,7
29	6,01	2,22
29	6,22	2,6
29	6,44	2,42
29	6,44	2,45
29	6,75	2,67
29	7,3	2,73
29	7,99	3,07
29	8,35	3,45
29	9,87	4,08
29	11,46	4,46
30	5,83	2,33
30	6,09	2,44
30	6,12	2,38
30	6,35	2,26
30	6,55	2,38
30	6,64	2,69
30	6,73	2,69
30	6,9	2,61
30	6,9	2,85
30	7,25	2,76
30	7,28	2,94
30	7,35	2,67
30	7,37	2,63
30	7,38	2,85
30	7,4	2,85
30	7,51	3,31
30	7,54	2,86

US	Dia. max	Ht max
24	7,2	3,12
24	7,31	2,96
24	7,41	2,83
24	7,58	3,15
24	7,61	2,91
24	7,63	3,28
24	7,7	3,23
24	7,7	3,36
24	7,74	3,07
24	7,86	2,99
24	7,99	3,02
24	8,05	3,12
24	8,06	3,46
24	8,1	3,3
24	8,15	3,32
24	8,23	3,35
24	8,29	3,38
24	8,38	3,21
24	8,43	3,12
24	8,49	3,26
24	8,51	3,35
24	8,6	3,43
24	8,63	3,28
24	8,67	3,43
24	8,75	3,73
31	6,98	2,83
31	7,05	2,93
31	7,09	2,59
31	7,31	3,07
31	7,36	2,87
31	7,89	3,29
31	7,93	2,87
31	8,14	3,09
31	8,53	3,59
31	8,71	3,26

US	Dia. max	Ht max
31	8,94	4,15
31	9,35	4,11
32	5,73	2,17
32	6,79	2,71
32	7,35	2,82
32	7,47	2,84
32	7,61	3,02
32	7,99	3,25
32	8,08	3,16
32	8,09	3,3
32	8,13	3,32
32	8,5	3,37
32	9	3,16
32	9,05	3,71
32	9,12	3,87
32	9,96	4,08
32	17,93	7,48

US	Dia. max	Ht max
25	8,01	3,02
25	8,01	3,32
25	8,11	3,73
25	8,12	3,44
25	8,2	3,41
25	8,25	3,51
25	8,27	3,45
25	8,3	3
25	8,38	3,51
25	8,44	3,01
25	8,46	3,4
25	8,5	3,06
25	8,56	3,61
25	8,64	3,59
25	8,71	3,46
25	8,82	3,5
25	8,86	3,28
25	9,73	4,36
25	9,9	4,21
25	9,92	3,9
25	10,45	4,57
25	10,51	3,66
25	11,13	4,34
26	6,56	2,84
26	6,63	2,73

US	Dia. max	Ht max	US	Dia. max	Ht max
28	6,92	2,82	**30**	7,84	3,33
28	6,95	2,66	**30**	8,01	3,4
28	6,96	2,34	**30**	8,08	3,31
28	6,96	2,87	**30**	8,38	3,69
28	6,98	2,81	**30**	8,53	3,33
28	7,1	2,97	**30**	9,23	3,64
28	7,19	2,77	**30**	9,48	3,55
28	7,3	2,77	**30**	10,09	4,26
28	7,31	3	**30**	10,61	4,31
28	7,45	2,96	**30**	11,46	5,11
28	7,59	3,03	**31**	5,76	2,49
28	7,59	3,3	**31**	6,04	2,46
28	7,62	3	**31**	6,37	2,52
28	7,62	3,33	**31**	6,39	2,58
28	7,66	3,13	**31**	6,51	2,55
28	7,76	3,21	**31**	6,64	2,76
28	7,84	3,07	**31**	6,7	2,73
28	7,88	3,25	**31**	6,77	2,85
28	7,94	3,66	**31**	6,79	2,86
28	7,97	2,62	**31**	6,94	2,92

4.9.2 Moyennes (en mm)

US	moyenne	US	moyenne
1	8,53	**17**	8,72
2	8,61	**18**	8,79
3	8,57	**19**	8,02
4	8,30	**22**	8,16
5	9,35	**23**	8,22
6	8,38	**24**	7,87
7	8,97	**25**	7,80
8	8,78	**26**	7,41
9	7,49	**28**	7,06
11	7,84	**29**	7,68
12	7,55	**30**	7,74
13	7,80	**31**	7,28
15	7,66	**32**	8,72
16	8,70		

4.9.3 Test de d'Agostino

US	Effectif	écart type	calcul de U	calcul de D	calcul de Q
1	221	1,14	15437	0,278	-2,054
2	194	1,143	12110	0,282	0,068
3	60	1,469	1134	0,216	-17,029
7	89	1,803	4018	0,283	0,263
11	219	1,193	15904	0,278	-1,782
12	388	1,256	51825	0,274	-5,054
13	52	1,48	1075	0,271	-2,605
15	97	1,197	3025	0,27	-3,977
16	271	1,453	30392	0,285	1,751
17	75	1,119	1751	0,28	-0,588
18	55	1,351	1150	0,284	0,476
25	50	1,263	866	0,277	-1,189
28	71	1,214	1639	0,27	-3,501

au seuil de 0,05 soit 5% d'erreur			
US	**N**	**Q**	**H_0**
28	71	-3,501	refusé
25	50	-1,189	accepté
18	55	0,476	accepté
17	75	-0,588	accepté
16	271	1,751	refusé
15	97	-3,977	refusé
13	52	-2,605	accepté
12	388	-5,054	refusé
11	219	0,388	accepté
7	89	0,263	accepté
3	60	-17,039	refusé
2	194	0,504	accepté
1	221	0,741	accepté

Résultat du test de d'Agostino pour les mesures des opercules pour *Lunella coronata* (comparaison de la statistique Q à une table ; Chenorkian, 1996)

4.9.4 Lissage de Kernel

US	n	h	US	n	H
1	221	0,741	**17**	75	0,358
2	194	0,504	**18**	55	0,885
3	60	0,774	**19**	5	0,134
4	12	1,639	**22**	8	0,535
5	5	1,756	**23**	23	1,045
6	30	0,445	**24**	48	0,658
7	89	0,92	**25**	50	0,325
8	30	1,439	**26**	6	0,903
9	18	1,189	**28**	71	0,346
11	219	0,388	**29**	10	0,99
12	388	0,602	**30**	27	0,714
13	52	0,551	**31**	22	0,525
15	97	0,373	**32**	15	0,927
16	271	0,427			

Résultats du calcul du pas des histogrammes pour les mesures d'opercule de *Lunella coronata* (lissage de Kernel)
h = pas de l'histogramme en mm ; n = nombre de mesures

4.9.5 Test F et T

| | | |

5 SWY 3

5.1 Nombre de restes

Espèces / US	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Total
bivalves											
Amiantis umbonella	16	215	64	106	19	14	4	20		3	461
Barbatia oblicata	1	2	14	1	1	1	5				25
***Isognomon* sp.**					1						1
Marcia marmorata										2	2
Marcia opima	11	151	53	47	8	38	15	36	5	19	383
***Meretrix* sp.1**	66	889	45	40	26	95	26	70	24	94	1375
Meropesta pellucida					1						1
***Ostrea* sp**						121	70	64	37	21	313
Paphia undulata										1	1
Perna picta	49	125	141	109	72	105	204	95	31	4	935
Tivela ponderosa	1	4					4	3	5		17
gastéropodes											
Bulla ampulla					1						1
Cerithidea cingulata										1	1
Polinices* cf. *aurantius										1	1
Purpura panama									1		1
Total	144	1386	317	303	129	374	328	288	103	146	3518

5.2 Répartition des restes coquilliers en fonction de leur fragmentation pour les sites de KHB 1, SWY 1 et SWY 3

	Entier		Fragmenté		Quasi-entier		
KHB 1	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**Total**
Bivalves	351	1	10779	23	23363	51	34493
Gastropodes	541	1	**8238**	**18**	2678	6	11457
Total	892	2	19018	41	26041	57	45951
SWY 1	**Entier**		**Fragmenté**		**Quasi-entier**		**Total**
Bivalves	891	3	1864	10	16061	55	18816
Gastropodes	531	2	**6229**	**33**	3380	12	10140
Total	1422	5	8094	43	19441	67	28957
SWY3	**Entier**		**Fragmenté**		**Quasi-entier**		**Total**
Bivalves	2	0	1263	36	2249	69	3514
Gastropodes		0	**3**	**0**	1	0	4
Total	2	0	1266	31	2250	69	3518

5.3 Indices de richesse et de diversité

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ISO (richesse)	4,2	3,0	2,4	2,8	2,3	3,8	2,0	2,0	1,9	2,8
Simpson (diversité)	0,5	0,7	0,8	0,6	0,7	0,6	0,7	0,7	0,5	0,7

5.4 Répartition des restes en fonction de leur écologie

Milieu

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	NR	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**
intertidal / infralittoral	95	66	1261	91	176	56	194	64	55	43	148	40	54	16	129	45	34	33	118	81
intertidal strict	49	34	125	9	141	44	109	36	72	56	105	28	204	62	95	33	31	30	5	3
Indéterminé		0		0		0		0	1	1		0		0		0		0	1	1
Intertidal		0		0		0		0		0	121	32	70	21	64	22	38	37	22	15
Total	144	100	1386	100	317	100	303	100	129	100	374	100	328	100	288	100	103	100	146	100

Etage

	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
	NR	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**
Vaseux	93	64,58	1255	90,55	162	51,10	193	63,70	53	41,09	147	39,30	45	13,72	126	43,75	29	28,16	119	81,51
Rocheux	50	34,72	127	9,16	155	48,90	110	36,30	74	57,36	106	28,34	209	63,72	95	32,99	32	31,07	4	2,74
Sableux	1	0,69	4	0,29					1	0,78			4	1,22	3	1,04	5	4,85	1	0,68
rocheux / mangrove											121	32,35	70	21,34	64	22,22	37	35,92	21	14,38
Indéterminé									1	0,78									1	0,68
Total	144	100	1386	100	317	100	303	100	129	100	374	100	328	100	288	100	103	100	146	100

5.5 Résultats de l'analyse factorielle des correspondances

Apercu de la précision des calculs : tracé avant diagonalisation …0,2775
Somme des valeurs propres …0,2775
Histogramme des 9 premières valeurs propres

NUMERO	VALEUR PROPRE	% CUMULE	%
1	0,2061	74,29	74,29
2	0,0454	16,35	90,64
3	0,0111	3,99	94,63
4	0,0065	2,35	96,98
5	0,0048	1,74	98,72
6	0,0035	1,28	100
7	0	0	100
8	0	0	100
9	0	0	100

Test du Khi-2 pour le choix des axes (au seuil usuel aller jusqu'à la première valeur-test >2,0).

NOMBRE D'AXES	STAT KHI2	DEGRE LIBERTE	PROBA X>KHI2	VALEUR TEST
1	323,94	104	0	-10,13

Coordonnées, contribution et cosinus carrés des fréquences sur les axes 1 à 5

FREQUENCES ACTIVES			COORDONNEES				
LIBELLE	P.REL	DISTO	1	2	3	4	5
am	10,43	0,32	0,04	0,56	0,06	0,06	-0,06
bar	0,63	2,03	-0,86	0,12	-0,99	-0,22	-0,4
bul	0,53	0	0	0	0	0	0
cer	0,62	0	0	0	-0,01	0	0
iso	0,54	0	0	0	0	0	0
mm	1,23	0	0	0	-0,01	0	0
mop	8,43	0,09	0,02	0,14	-0,2	-0,03	0,13
msp	30,28	0,3	0,53	-0,15	-0,01	0,03	-0,03
mer	0,54	0	0	0	0	0	0
ost	23,62	0,02	-0,01	0,02	0,05	-0,08	0,06
pa	0,62	0	0	0	0	0	0
pp	20,59	0,59	-0,75	-0,14	0,02	0,06	-0,01
po	0,62	0	0	0	0	0	0
pu	0,74	0	0	0	0,01	-0,01	-0,01
ti	0,58	1,27	-0,53	-0,14	0,32	-0,76	-0,39

FREQUENCES ACTIVES			CONTRIBUTIONS					COSINUS CARRES				
LIBELLE	P.REL	DISTO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
am	10,43	0,32	0,1	71,4	3	5,5	8,9	0	0,96	0,01	0,01	0,01
bar	0,63	2,03	2,3	0,2	55,4	4,8	20,6	0,37	0,01	0,48	0,02	0,08
bul	0,53	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0,05	0,04	0,01
cer	0,62	0	0	0	0	0	0	0,04	0,08	0,15	0	0,01
iso	0,54	0	0	0	0	0	0	0,08	0	0,05	0,04	0,01
mm	1,23	0	0	0	0	0	0	0,04	0,08	0,15	0	0,01
mop	8,43	0,09	0	3,4	29,2	1,1	28,2	0	0,21	0,45	0,01	0,19
msp	30,28	0,3	40,6	15,2	0,1	4,5	7	0,92	0,08	0	0	0
mer	0,54	0	0	0	0	0	0	0,09	0	0,05	0,04	0,01
ost	23,62	0,02	0	0,3	6	22,9	16,4	0	0,03	0,16	0,36	0,19
pa	0,62	0	0	0	0	0	0	0,03	0,08	0,15	0	0,01
pp	20,59	0,59	56,3	9,2	0,8	10,2	0,8	0,96	0,03	0	0,01	0
po	0,62	0	0	0	0	0	0	0,03	0,08	0,15	0	0,01
pu	0,74	0	0	0	0	0	0	0,02	0	0,13	0,63	0,16
ti	0,58	1,27	0,8	0,3	5,4	51	18,1	0,22	0,02	0,08	0,45	0,12

Coordonnées, contribution et cosinus carrés des individus sur les axes 1 à 5

			COORDONNEES				
IDENT.	P.REL	DISTO	1	2	3	4	5
1	4,47	0,03	-0,03	-0,13	0,06	0,04	-0,04
2	43,01	0,18	0,43	0	0,02	0,02	-0,01
3	9,92	0,32	-0,45	0,21	-0,24	-0,06	-0,04
4	9,48	0,36	-0,3	0,5	0,09	0,06	0,03
5	3,95	0,29	-0,51	-0,04	0,13	0,09	-0,03
6	8,76	0,1	-0,17	-0,16	0,03	-0,09	0,18
7	7,64	1	-0,93	-0,37	0,04	0,09	-0,06
8	6,75	0,1	-0,26	-0,1	-0,06	-0,01	0,07
9	2,69	0,3	-0,25	0	0,24	-0,39	-0,18
10	3,33	0,62	0,66	-0,31	-0,23	0,02	-0,05

			CONTRIBUTIONS					COSINUS CARRES				
IDENT.	P.REL	DISTO	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	4,47	0,03	0	1,6	1,4	1	1,2	0,04	0,63	0,14	0,06	0,05
2	43,01	0,18	37,8	0	1,1	1,5	1,4	0,99	0	0	0	0
3	9,92	0,32	9,9	9,3	51,8	4,8	3,1	0,65	0,13	0,18	0,01	0
4	9,48	0,36	4,2	52,7	6,8	4,8	1,6	0,25	0,7	0,02	0,01	0
5	3,95	0,29	4,9	0,1	6	5,4	0,9	0,89	0,01	0,06	0,03	0
6	8,76	0,1	1,2	5	0,6	11,9	60,2	0,29	0,26	0,01	0,09	0,33
7	7,64	1	31,8	22,5	1,1	8,8	6	0,85	0,13	0	0,01	0
8	6,75	0,1	2,3	1,6	2,1	0	6,3	0,67	0,1	0,03	0	0,04
9	2,69	0,3	0,8	0	13,7	61,5	17,8	0,2	0	0,19	0,49	0,11
10	3,33	0,62	7,1	7,1	15,3	0,1	1,5	0,71	0,16	0,08	0	0

6 KHB 1

6.1 Nombre de restes

Espèces	NR
BIVALVES	
Acrosterigma assimile	2
Amiantis umbonella	12007
Anadara erythraeonensis	393
Anadara sp.	1883
Asaphis violascens	12
Barbatia foliata	2
Barbatia foliata / decussata	9
Barbatia oblicata	108
Chlamys livida	1
Chlamys senatoria	2
Chlamys sp.	1
Chlamys towsendi	3
Circe rugifera	26
Circenita callipiga	43
Dosinia alta	3
Dosinia insularum	6
Dosinia tumida	1
Irus macrophylla	3
Isognomon sp.	1
Mactra lilacea	4
Mactra ovalina	1
Mactra rochebrunei	53
Mactra sp.	2
Marcia flammea	1
Marcia marmorata	1813
Marcia opima	7165
Meretrix sp.1	78
Ostrea sp.	8326
Perna picta	2405
Pillucina fischeriana	3
Pinctada margaritifera	1
Pinctada radiata	9
Pinctada sp.	8
Pinna muricata / bicolor	1
Plagiocardium pseudolima	1
Protapes sinuosa	2
Spondylus sp.	6
Tapes sulcarius	1
Tivela ponderosa	24
Trapezium sublaevigatum	1
GASTEROPODES	
Anachis faurati	3
Ancilla castanea	13
Ancilla sp.	2
Anodontia edentula	75
Architectonica perspectiva	1
Architectonica sp.	4
Babylonia sp.	3
Babylonia spirata	1
Barbatia sp.	4
Bullia mauritania	1
Bullia semiplicata	15
Cellana rota	10
Cerithidea cingulata	283
Cerithium caeruleum	2
Cerithium scabridum	1225
Clanculus pharaonius	2
Clypeomorus bifasciatus	41
Conus sp.	31
Conus striatus	1
Crepidula walshi	3
Cronia cf. *konkanenis*	2
Cronia cf. *margariticola*	2
Cymatium pileare	1
Cymatium sp.	1
Cypraea sp.	231
Engina mendicaria	1
Glycymeris pectunculus	3
Hexaplex kuesterianus	65
Littoraria intermedia	114
Lunella coronata	84
Medusafissurella melvilli	21
Mitrella blanda	29
Murex scolopax	328
Nassarius arcularia plicatus	1
Nassarius castus	4
Nassarius coronatus	176
Nassarius gemuliferus	10
Nassarius persicus	57
Nassarius plicatus	5
Nassarius sp.	33
Nassarius splendidulus	3
Natica alapapilionis	1
Natica gualteriana	1
Natica sp.	7
Nerita sp.	22
Nerita textilis	5
Neverita didyma	2
Oliva bulbosa	78
Oliva sp.	4
Osilinus kotschyi	8
Patella flexuosa	1
Planaxis sulcatus	11
Polinices cf. *aurantius*	33
Polinices mammilla	2
Polinices sp.	24
Potamides conicus	31
Prunum terverianum	2
Purpura panama	25
Rhinoclavis kochi	31
Siphonaria savignyi	6
Strombus gibberulus	3
Strombus mutabilis	1
Strombus persicus	5190
Strombus sp.	55
Strombus sp./*Conus* sp.	2583
Terebralia palustris	25
Thaidinae	2
Thais lacera	10
Thais savignyi	8
Thais tissoti	32
Trochus erithreus	7
Turritella columnaris	5
Tutufa bardeyi	1
Umbonium vestiarium	432
Zootecus insularis	1
IND.	8
IND. Roulé	21
Balanus sp.	32
Total	46012

6.2 Calcul du NMI

En gris sont indiquées les parties de la coquille retenues pour la réalisation du NMI

Abréviations utilisées :

QE Quasi-entier

Pour les gastéropodes :
Col Columelle
Dt Dernier tour
L Labre
T Tour
Siph Siphon
Op Opercule

Pour les bivalves :
VG Valve gauche
VD Valve droite
Vsup Valve supérieure
Vinf Valve inférieure
Att Attache
Ba Bord antérieur
Bv Bord ventral
Bp Bord postérieur

Gastéropodes :

ESPECES	GASTROPODA									
	FRAGMENTE								QE	ENTIER
	Apex	col	dt	l	st	t	siph	op		
Anachis faurati	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
Ancilla castanea	0	0	0	0	0	0	0	0	8	5
Ancilla sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Architectonica perspectiva	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Architectonica sp.	0	1	1	0	1	1	0	0	3	0
Babylonia sp.	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
Babylonia spirata	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Balanus sp.	0	0	0	0	0	0	0	0	32	0
Bullia mauritania	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Bullia semiplicata	5	5	0	0	5	5	0	0	6	4
Cellana rota	0	0	0	0	0	0	0	0	2	8
Cerithidea cingulata	6	11	1	0	12	12	0	0	251	19
Cerithium caeruleum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Cerithium scabridum	0	0	0	0	0	0	0	0	1162	63
Clanculus pharaonius	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0
Clypeomorus bifasciatus	1	2	1	1	1	1	1	0	18	21
Conus sp.	19	12	1	0	18	18	0	0	8	3
Conus striatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Crepidula walshi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Cronia cf. *konkanenis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Cronia cf. *margariticola*	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Cymatium pileare	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0
Cymatium sp.	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0

ESPECES	GASTROPODA									
	FRAGMENTE								QE	ENTIER
	Apex	col	dt	l	st	t	siph	op		
***Cypraea* sp.**	40	22	191	122	2	2	22	0	7	18
Engina mendicaria	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Glycymeris pectunculus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hexaplex kuesterianus	31	39	20	14	38	30	19	0	4	1
IND.	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Littoraria intermedia	0	0	0	0	0	0	0	0	57	56
Lunella coronata	6	1	3	0	1	1	0	56	12	7
Medusafissurella melvilli	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5
Mitrella blanda	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0
Murex scolopax	120	177	98	72	175	131	94	0	2	18
Nassarius arcularia plicatus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Nassarius castus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
Nassarius coronatus	44	45	8	2	44	44	0	0	58	66
Nassarius gemuliferus	0	0	0	0	0	0	0	0	3	7
Nassarius persicus	1	1	0	0	1	1	0	1	14	41
Nassarius plicatus	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2
***Nassarius* sp.**	4	4	0	0	4	4	0	0	22	7
Nassarius splendidulus	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Natica alapapilionis	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Natica gualteriana	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
***Natica* sp.**	0	0	0	0	0	0	0	0	6	1
***Nerita* sp.**	0	1	1	1	0	0	0	0	4	17
Nerita textilis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Neverita didyma	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Oliva bulbosa	5	1	3	0	5	5	2	0	15	56
***Oliva* sp.**	2	1	1	0	0	0	0	0	0	2
Osilinus kotschyi	0	0	0	0	0	0	0	0	6	2
Patella flexuosa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Planaxis sulcatus	0	0	0	0	0	0	0	0	5	6
Polinices* cf. *aurantius	10	9	2	0	10	10	0	0	15	8
Polinices mammilla	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
***Polinices* sp.**	17	13	0	0	17	17	0	0	5	2
Potamides conicus	1	1	0	0	1	1	0	0	26	4
Prunum terverianum	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Purpura panama	15	12	5	1	20	15	1	0	0	4
Rhinoclavis kochi	1	1	0	0	1	1	0	0	26	4
Siphonaria savignyi	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2
Strombus gibberulus	1	1	2	0	3	2	0	0	0	0
Strombus mutabilis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Strombus persicus	4773	3345	17	4	4755	4779	0	0	352	12
***Strombus* sp.**	52	46	1	0	52	52	0	0	2	0
***Strombus* sp./*Conus* sp.**	555	2280	8	0	555	555	0	0	33	0
Terebralia palustris	1	21	5	5	19	16	0	0	0	0
Thaidinae	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0
Thais lacera	2	6	4	1	5	3	3	0	2	0
Thais savignyi	5	5	2	1	6	5	1	0	0	1
Thais tissoti	8	12	9	4	11	8	4	0	3	12
Trochus erithreus	2	2	0	0	2	2	0	0	4	1
Turritella columnaris	1	3	0	0	3	3	1	0	1	1
Tutufa bardeyi	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Umbonium vestiarium	0	0	0	0	0	0	0	0	432	0
Zootecus insularis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Bivalves :

ESPECES	BIVALVIA													
	ENTIER			QE			FRAGMENTE							
							VG				VD			
	Vd	Vg	Vinf	Vd	Vg	Vinf	att	ba	bv	bp	att	ba	bv	bp
Acrosterigma assimile	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Amiantis umbonella	0	0	0	5226	6781	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Anadara erythraeonensis	182	164	0	2	3	0	24	7	6	2	18	3	3	1
***Anadara* sp.**	1	0	0	965	915	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Anodontia edentula	0	0	0	36	38	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Asaphis violascens	0	0	0	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbatia foliata	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Barbatia foliata / decussata	0	0	0	1	7	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Barbatia oblicata	0	0	0	49	52	0	7	0	0	0	0	0	0	0
***Barbatia* sp.**	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlamys livida	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlamys senatoria	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chlamys towsendi	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Circe rugifera	0	0	0	12	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Circenita callipiga	0	0	0	13	30	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dosinia alta	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dosinia insularum	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dosinia tumida	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glycymeris pectunculus	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Irus macrophylla	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
***Isognomon* sp.**	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Mactra lilacea	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mactra ovalina	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mactra rochebrunei	0	0	0	34	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
***Mactra* sp.**	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marcia flammea	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marcia marmorata	0	0	0	603	1209	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Marcia opima	0	0	0	2399	4765	0	1	0	0	0	0	0	0	0
***Meretrix* sp.1**	0	0	0	22	56	0	0	0	0	0	0	0	0	0
***Ostrea* sp.**	0	0	4164	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perna picta			1203											
Pillucina fischeriana	1	0		0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pinctada margaritifera											1			
***Pinctada* sp.**											1			
Pinna muricata / bicolor											1			
Pinctada radiata	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	5	0	0	0
Plagiocardium pseudolima	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Protapes sinuosa	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
***Spondylus* sp.**	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
Tapes sulcarius	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tivela ponderosa	0	0	0	12	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trapezium sublaevigatum	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0

6.3 Répartition des restes en fonction de leur fragmentation

taxons	Entier		Quasi-entier		Fragment de test		Total
	NR	%	NR	%	NR	%	
BIVALVES							
Amiantis umbonella			12007	26,10			**12007**
Anadara erythraeonensis	346	0,75	5	0,01	42	0,09	**393**
***Anadara* sp.**	1	0	1880	4,09	2	0	**1883**
Marcia marmorata			1813	3,94			**1813**
Marcia opima			7164	15,57	1	0	**7165**
***Ostrea* sp.**	1	0		0	8325	18,09	**8326**
Perna picta			26	0,06	2379	5,17	**2405**
autres bivalves (32 esp.)	1	0	436	0,95	30	0,07	**467**
GASTEROPODES							
Cerithidea cingulata	19	0,04	251	0,55	13	0,03	**283**
Cerithium scabridum	63	0,14	1162	2,53			**1225**
Murex scolopax			2	0	326	0,71	**328**
Strombus persicus	22	0,05	352	0,77	4816	10,47	**5190**
***Strombus* sp./*Conus* sp.**	3	0,01	33	0,07	2547	5,54	**2583**
Umbonium vestiarium			432	0,94			**432**
autres gastéropodes (69 esp.)	435	0,95	473	1,03	537	1,17	**1445**
Roulé			8	0,02	13	0,03	**21**
IND.			1	0	7	0,02	**8**
Total	**905**	1,97	**26058**	56,63	**19049**	41,40	**46012**

6.4 Etat de conservation des coquilles

taxons	érodé	roulé	perf. ind.	taxons	érodé	roulé	perf. ind.
				BIVALVES			
Anachis faurati		1		*Oliva* sp.			1
Ancilla castanea			1	*Polinices* cf. *aurantius*			1
Architectonica sp.		2		*Prunum terverianum*			1
Babylonia sp.	2			*Strombus persicus*	13	1	
Bullia semiplicata		1	1	**GASTEROPODES**			
Cerithidea cingulata		7		*Anadara* sp.		1	
Conus sp.		2		*Acrosterigma assimile*		1	
Cypraea sp.	1	2	6	*Glycymeris pectunculus*		1	
Nerita sp.		1		Total	16	25	16
Oliva bulbosa		5	5				

6.5 Répartition des espèces en fonction de leur écologie

Etage

Etages	**NMI**	**%**
Indéterminé	113	0,40
intertidal / infralittoral	14382	51,22
Intertidal	10728	38,21
Infralittoral	12	0,04
intertidal strict	2844	10,13
Total	28079	100

Milieu

Milieu	**NMI**	**%**
Indéterminé	76	0,27
Rocheux	2016	7,18
rocheux / graveleux	8	0,03
rocheux / mangrove	4285	15,26
rocheux / sableux	1	0
rocheux / vaseux	11	0,04
sableux / vaseux	2408	8,58
Sableux	5988	21,33
Vaseux	13265	47,24
Mangrove	21	0,07
Total	28079	100

7 Ra's al-Jinz

7.1 RJ 2

taxons	restes brûlés	taxons	restes brûlés
GASTEROPODES			
Ancilla sp.	1	*Purpura panama*	39
Balanus sp.	6	Thaidinae	18
Bullia semiplicata	1	*Thais bimaculata*	4
Cellana rota	3	**BIVALVES**	
Conus sp.	31	*Anadara* sp.	3
Cypraea sp.	1	*Barbatia oblicata*	1
Hexaplex kuesterianus	79	Cardiidae	1
Lunella coronata	1	*Chlamys* sp.	1
Nerita sp.	1	*Chlamys towsendi*	5
Non Déterminable	12	*Perna picta*	3
Oliva sp.	4	*Saccostrea cucculata*	100
Polinices cf. *aurantius*	4	**Total**	**319**

Répartition des restes brûlés par espèces à RJ 2

7.2 RJ 1

7.2.1 Répartition des restes en fonction de la fragmentation

	Entier		Quasi-entier		Fragmenté		
taxons	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**NR**	**%**	**Total**
GASTEROPODES							
***Chiton* sp.**		0,0		0,0	109	0,9	109
***Nerita* sp.**		0,0	4	0,0	172	1,4	176
Thais bimaculata		0,0	1	0,0	441	3,5	442
Thaidinae	10	0,1	3	0,0	680	5,5	693
***Balanus* sp.**	9	0,1		0,0	1449	11,7	1458
Purpura panama	8	0,1	4	0,0	1591	12,8	1603
autres gastéropodes (29 esp.)	42	0,3	102	0,8	335	2,7	479
BIVALVES							
***Ostrea* sp.**	35	0,3	2	0,0	188	1,5	225
Perna picta		0,0		0,0	7082	57,0	7082
autres bivalves (14 esp.)	24	0,2	8	0,1	28	0,2	60
AUTRES							
IND.	4	0,0	7	0,1	80	0,6	91
Ind. Roulé		0,0	5	0,0	6	0,0	11
Total	132	1,1	136	1,1	12161	97,8	12429

7.2.2 Répartition des restes en fonction de la conservation

	roulé	brûlé	perf ind.		roulé	brûlé	perf ind.
GASTEROPODES							
Architectonica sp.	1			Thaidinae		99	
Cellana rota		4		*Thais bimaculata*		27	
Chiton sp.		3		*Thais savignyi*		6	
Conus sp.		3	3	*Thais tissoti*	1		
Cypraea sp.	1			*Umbonium vestiarium*		1	
Engina mendicaria			2	**BIVALVES**			
Hexaplex kuesterianus		3		*Anadara* sp.	1		1
Lunella coronata		7		*Chlamys towsendi*		1	
Mitrella blanda		1	2	*Ostrea* sp.		43	
Nerita sp.		5		*Perna picta*		28	
Oliva bulbosa			1	**AUTRES**			
Oliva sp.	3	1	10	*Balanus* sp.		52	
Polinices cf. *aurantius*			1	Ind.	11	8	
Purpura panama		52					
Siphonaria savignyi	2			**total**	14	82	8

8 HD 6

8.1 Contexte d'habitat

8.1.1 Traces et conservation des restes

Taxons	IV (N=32)		V (N=231)		VI (N=200)		VIII (N=535)	
	perf.	Roulés	perf.	Roulés	perf.	Roulés	perf.	Roulés
GASTEROPODES								
Ancilla castanea	1				3			
Cypraea onyx ciccinta					1			
***Cypraea* sp.**							1	
***Nerita* sp.**				1		1	1	
Oliva bulbosa					3	2	1	1
AUTRE								
Ind. Roulé				18		45		177
BIVALVES								
***Anadara* sp.**			2	2	1	2	4	5
Barbatia foliata / decussata		1						3
Barbatia oblicata						1		
***Barbatia* sp.**						1		
Glycymeris pectunculus					1	2	1	1
***Spondylus* sp.**						1		
Total	**1**	**1**	**2**	**21**	**9**	**55**	**8**	**187**

Répartition des traces observées sur le test en fonctions des taxons

Espèces	XXIV		XXV		XXVI	
	Roulé	Perf.	Roulé	Perf.	Roulé	Perf.
BIVALVES						
***Anadara* sp.**	3	2	1	1	3	3
GASTEROPODES						
Oliva bulbosa					1	1
Terebra nebulosa		1	1			
Ind. Roulé	16		4		2	
Total	19	3	6	1	6	4

Répartition des taxons en fonction de leur état de conservation dans les pièces XXIV, XXV et XXVI à HD 6.

Taxons	VII	XI	XXII	
	Roulé	Roulé	Roulé	Perf.
BIVALVES				
***Anadara* sp.**			1	1
GASTEROPODES				
***Nerita* sp.**		1		
Roulé	2	2		
Total	2	3	1	1

Conservation des restes des pièces III, VII, XI, XXII et XXIII et répartition en fonction des stigmates de type « perforation » ou « roulés ».

8.1.2 Nombre de restes par pièces

Espèces / Pièces	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	XXVI	Total
GASTEROPODES													
Ancilla castanea		1		5									6
***Ancilla* sp.**						1							1
Bulla ampulla						3							3
Cellana rota			1										1
Cerithidea cingulata			1			1	1						3
Cerithium scabridum			2										2
***Chama* sp.**				1		1							2
Clypeomorus bifasciatus				2		2					1		5
***Conus* sp.**			1			1					2		4
Cypraea onyx ciccinta				1									1
***Cypraea* sp.**				1		4						1	6
Hexaplex kuesterianus						1				3	1		5
***Hipponix* sp.**						2							2
Lambis truncata sebae			1										1
Littoraria intermedia		9	6	6		45	1			2	4		73
Lunella coronata			1			1				2	1		5
Melampus castaneus			1	1		2							4
Mitrella blanda						1							1
Nassarius coronatus										1			1
Nassarius gemuliferus						1							1
Nassarius persicus						1							1
Nassarius plicatus						2							2
Nerita longii			4	4		3						2	13
***Nerita* sp.**		1	5	7		14	5			2	3		37
Oliva bulbosa				4		3						1	8
Pleurocopa trapezium											1		1
Polinices* cf. *aurantius					1								1
Potamides conicus			7	1		11							19
Purpura panama				1									1
Siphonaria savignyi						2				1			3
Terebra nebulosa										1	1		2
Thaidinae						1				1			2
Thais bimaculata											1		1
Thais savignyi			1			3							4
Tonna lukostoma							1						1
Tonna olearium												1	1
***Tonna* sp.**						3							3
Turbo radiatus						3							3
Umbonium vestiarium				5		3	4						12
Zootecus insularis		7	11	10		23	11			2	41		105
BIVALVES													
Acrosterigma		1		1									2
***Anadara* sp.**			3	3		6		1		6	2	5	26
Asaphis violascens		3	8	5		10				17	3		46
Barbatia foliata / decussata		1		2	1	5	1			11	1		22
Barbatia oblicata				1						1	1		3
***Barbatia* sp.**				1									1
Chlamys livida			1	2									3
Chlamys senatoria			1	2		1							4

Espèces / Pièces	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	XXII	XXIII	XXIV	XXV	XXVI	Total
BIVALVES													
***Chlamys* sp.**			1			2				1			4
Chlamys towsendi			1	1						3			5
Circenita callipiga				1									1
Codakia tigerina										1		1	2
Donax towsendi							1						1
Glycymeris pectunculus				2		1						1	4
***Isognomon* sp.**							3						3
***Ostrea* sp.**	1	2	40	11	2	36	5		3	86	10	3	199
Perna picta		8	106	65		140	12		3	72	38	9	453
Pinctada* cf. *nigra												1	1
Pinctada margaritifera			4	1		4				8	3	3	23
***Pinctada* sp.**			3										3
Spondylus marisrubri				3							1		4
***Spondylus* sp.**			1	1		1	1						4
Trapezium sublaevigatum				1			4			5			10
Veneridae						1							1
AUTRES													
***Balanus* sp.**			2	2	2	6				1	1		14
***Chiton* sp.**						4							4
Espèces / Pièces	**III**	**IV**	**V**	**VI**	**VII**	**VIII**	**XI**	**XXII**	**XXIII**	**XXIV**	**XXV**	**XXVI**	**Total**
IND.				1		2							3
Roulé			18	45	2	178	2			16	4	2	267
Total	1	33	231	200	8	535	52	1	6	243	120	30	1460

8.2 Sondage

8.2.1 Etude des traces

Taxons	400		401	
	roulé	perf.	roulé	perf.
BIVALVES				
Acrosterigma assimile	1			
***Anadara* sp.**	4	6	1	1
GASTEROPODES				
***Architectonica* sp.**	1		1	
Modulus ketum			1	
***Nerita* sp.**	1			
Polinices* cf. *aurantius		1		
AUTRES				
IND.	1	1		
Ind. Roulé	11		2	
Total	19	8	5	1

8.2.2 Détail du NMI pour HD 6

US 400
Bivalves :

US 400	Bivalves															
	Fragmentés								QE				Entier			
	VG				VD				VG	VD	Vinf	Vsup	VG	VD	Vinf	Vsup
	Att	Ba	Bv	Bp	Att	Ba	Bv	Bp								
Acrosterigma assimile					1				4	1						
Anadara sp.	2				1				18	19				3		
Asaphis violascens					1				30	16			7	1		
Barbatia foliata / decussata									36	50			13	11		
Barbatia oblicata									14	37			7	6		
Beguina gubernaculum										1						
Chlamys livida												1				
Circenita callipiga														2		
Glycymeris pectunculus									1							
Marcia marmorata									39	32						
Meretrix sp.1										1						
Noetiella chesneyi										1						
Ostrea sp.																136
Pinctada margaritifera									2	5						
Pinctada sp.	1															
Plagiocardium pseudolima					1			1					1			
Trapezium sublaevigatum									6	7						
Trapezium sublaevigatum													3	6		

Gastéropodes :

US 400	Gastéropodes									
	Fragmentés								QE	Entier
	A	L	Siph	Col	Dt	T	St	Op		
Ancilla castanea									1	
Architectonica sp.										2
Balanus sp.							4			6
Cellana rota									20	6
Cerithium caeruleum	1			1			1			4
Conus sp.				3	6					1
Cypraea sp.	1			1	3				1	
Engina zea										1
Ficus subintermedia									1	

US 400	Gastéropodes									
	Fragmentés								QE	Entier
	A	L	Siph	Col	Dt	T	St	Op		
Hexaplex kuesterianus	5		8	8	4	5	7			
IND.									1	
Littoraria intermedia										7
Lunella coronata	12		9					2	13	6
Modulus ketum										3
Nassarius coronatus										5
Nassarius splendidulus										1
Natica sp.									1	
Nerita longii				34	21				1	8
Nerita sp.					14			1		6
Nerita textilis				2	1					2
Patella flexuosa										1
Planaxis sulcatus										1
Polinices cf. *aurantius*				1	1				2	4
Purpura panama			1	3	6		3			
IND. Roulé									7	
Siphonaria savignyi									1	5
Sunetta effossa										1
Thaidinae				18			1			
Thais bimaculata	2				4	2	3			
Thais savignyi				1	6		1			
Trapezium sublaevigatum										1
Turbo radiatus									2	2
Zootecus insularis										1

US 401
Bivalves :

US 401	Bivalves													
	Fragmentés						QE				Entier			
	VG		VD		Vinf	Vsup	VG	VD	Vinf	Vsup	VG	VD	Vinf	Vsup
	Att	Bv	Att	Bv	att/2									
Anadara sp.	1	1	4	1			1	2			5	7		
Asaphis violascens	1		1				6	3			3	3		
Barbatia foliata / decussata							13	8			16	12		
Barbatia oblicata							10	14			21	24		
Chlamys livida									1					
Marcia marmorata							1							
Ostrea sp.					80					1			3	1
Perna picta					617									
Pinctada margaritifera							4	6						
Plagiocardium pseudolima											1			
Trapezium sublaevigatum							12	5						

Gastéropodes :

US 401	Gastéropodes									
	Fragmentés								QE	Entier
	A	T	St	Col	Siph	Dt	L	Op		
Architectonica sp.									1	
Balanus sp.										4
Cellana rota									8	1
Cerithium caeruleum										1
Cymatium aquatile										1
Cymatium sp.	1	1	1	1						
Cypraea sp.						1				
Engina zea										1
Hexaplex kuesterianus				1	1	1				1
Lunella coronata	3		1	1	1	1			15	6
Modulus ketum										2
Nassarius coronatus										4
Nerita albicilla										3
Nerita longii									4	4
Nerita sp.						4				2
Purpura panama			4	4	3	3			1	1
IND Roulé									1	
Siphonaria savignyi									2	
Thaidinae									2	
Thais bimaculata		1	1							
Thais lacera										1
Thais savignyi			1		1	3				3
Thais tissoti										2
Turbo radiatus	1	1	1	1				1		4

8.2.3 Tableaux récapitulatifs du NMI

US 400

Espèces	NMI
BIVALVES	
Anadara sp.	22
Asaphis violascens	37
Barbatia foliata / decussata	61
Barbatia oblicata	43
Marcia marmorata	39
Ostrea sp.	69
autres bivalves (10 espèces)	20
GASTEROPODES	
Lunella coronata	31
Cellana rota	26
Nerita longii	43
Balanus sp.	10
Hexaplex kuesterianus	8
autres gastéropodes (23 espèces)	78
AUTRES	
IND. Roulé	7
IND.	1
Total	495

US 401

Espèces	NMI
BIVALVES	
Barbatia foliata / decussata	20
Barbatia oblicata	38
Perna picta	617
***Ostrea* sp.**	80
autres bivalves (7 espèces)	44
GASTEROPODES	
Lunella coronata	24
autres gastéropodes (19 espèces)	56
AUTRES	
Roulé	1
***Balanus* sp.**	4
Total	884

9 Tests stastistiques et analyses effectuées

9.1 Indices de richesse et de diversité

Indices de richesse (ISO) (Odum, Cantlon et Kornicker 1960)

Principe : L'indice de richesse a pour but d'évaluer la diversité spécifique d'un échantillon en tenant compte de sa taille. Il est calculé à partir du nombre de taxon et du nombre d'individus (ici du nombre minimum d'individus de mollusques). L'indice est calculé pour chaque unité stratigraphique (1 échantillon = 1 US).

Calcul :

$$ISO = \frac{NbTaxons}{LOG(N)}$$

Indice de diversité (indice de Simpson)

Principe : Cet indice permet le calcul d'un indice de richesse, le résultat obtenu est compris entre 0 et 1, 0 indiquant la dominance d'une espèce et 1 indiquant l'absence de dominance et une forte diversité.

Calcul :

$$D = 1 - \sum_{k=1}^{rich} \frac{f_k(f_{-1})}{n(n-1)}$$

9.2 Test de normalité

La vérification de la normalité d'une distribution permet d'utiliser des tests paramétriques lorsque le résultat est positif.

Une distribution normale correspond à la distribution de probabilités d'une variable aléatoire continue. La courbe de distribution des fréquences est parfaitement symétrique, unimodale et en forme de cloche. La distribution est alors symétrique par rapport à la moyenne.

La vérification de la normalité d'une distribution s'effectue en fonction de son effectif. Pour un effectif supérieur à 50, on utilisera le test de d'Agostino.

Principe : Le test s'effectue en trois étapes, le résultat final est comparé à une table des valeurs critiques (Chenorkian 1996).

Calcul : trois étapes du calcul

Calcul de la statistique U

$$U = \sum_{i=1}^{n} (i - \frac{(n+1)}{2}) y_i$$

Calcul de la statistique D

$$D = \frac{U}{n\sqrt{n(n-1)s}}$$ où s est l'écart type de la série.

Calcul de l'écart réduit Q

$$Q = \frac{D - 0.28209479}{0.02998598 \Big/ \sqrt{n}}$$

Q est ensuite comparé aux valeurs critiques fournies dans la table (Chenorkian 1996)

9.3 Tests paramétriques[1]

Coefficient de corrélation

But : Comparer deux séries de données quantitatives dans le but d'établir si elles sont corrélées (si r tend vers 1, alors la corrélation est positive, à l'inverse, si r tend vers –1 elle est négative).

Principe : Cet outil d'analyse mesure la relation existant entre 2 séries de données mises à l'échelle pour être indépendantes de l'unité de mesure.

Calcul : Le calcul de la corrélation d'une population renvoie la covariance de 2 séries de données divisées par le produit de leur écart type.

$$\rho x, y = \frac{\mathrm{cov}(X,Y)}{\sigma_X . \sigma_Y} \text{ où } \sigma_x^2 = \frac{1}{n}\sum (X_i - \mu_x)^2 \text{ et } \sigma_y^2 = \frac{1}{n}\sum (Y_i - \mu_y)^2$$

Le résultat obtenu est ensuite interpréter à l'aide d'une table (Schwartz 1963) et en fonction du degré de liberté (ddl=N-2).

Test F de Fisher

But : Ce test permet de vérifier l'absence de différence entre les variances de deux échantillons provenant d'une même population. L'utilisation de ce test est possible uniquement dans le cas d'une distribution normale avec des effectifs supérieures ou égaux à 30.

Calcul : Soit deux échantillons 1 et 2 de variance S_1^2 et S_2^2 et d'effectifs n_1 et n_2, le calcul de F se fait selon : $F = \frac{s_1^2}{s_2^2} si\ s_1^2 > s_2^2$ et $\frac{s_2^2}{s_1^2}$ si $s_2^2 > s_1^2$

Le rapport obtenu est ensuite comparé avec une table des F (Schwartz 1963) en fonction des degrés de liberté $ddl_1=n_1-1$ et $ddl_2=n_2-1$.

Si F est inférieur au F de la table, alors on peut en déduire l'absence de différences significatives au seuil choisi (ici nous avons choisi P=0.05).

Ce test permet de vérifier l'absence de différences de variance entre deux échantillons et autorise ainsi l'utilisation de tests paramétriques visant à comparer les moyennes de ces échantillons (test T de Student et Test de Cochran).

Test T de Student et Test de Cochran

But : Ces tests ont pour but de comparer les moyennes de deux échantillons et de déterminer si elles sont significativement différentes. Le test T de Student est utilisé dans les cas où les variances des deux échantillons ne diffèrent pas significativement et à l'inverse le test de Cochran est utilisé lorsque les variances diffèrent significativement.

Dans les deux cas, nous disposons de deux échantillons :

Echantillon 1 de moyenne m_1, d'effectif n_1 et de variance S_1^2.

Echantillon 2 de moyenne m_2, d'effectif n_1 et de variance S_2^2

Le degré de liberté est calculé selon $ddl=n_1+n_2-2$.

Calcul du test T de Student :

$$T = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Le résultat obtenu est ensuite comparé à une table, en fonction du degré de liberté et de la valeur calculé et permet d'obtenir la probabilité P pour la valeur T (en valeur absolue), d'être dépassée. Si P<0,05, alors on peut considérer les échantillons comme significativement différents.

[1] La plupart des calculs ont été effectués sur le logiciel EXCEL (Office 2000).

Calcul du test de Cochran :
Ce calcul s'effectue en 3 étapes

Etape 1 : Calcul de la valeur T selon le test de Student

Etape 2 : A partir de la table de T, on calcule les valeurs t1 et t1 en fonction des degrés de liberté ddl1=n1-1 et ddl2=n2-1 au seuil de 0,05%.

Etape 3 : calcul de la statistique T'

$$T' = \frac{t_1 \frac{S_1^2}{n_1} + t_2 \frac{S_2^2}{n_2}}{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}$$

si T>T' alors la différence entre les deux échantillons est significative.

9.4 Analyse des données

Lissage de Kernel (Monchot et Léchelle 2002)

Le lissage de Kernel permet de déterminer la largeur de classe optimale (h) pour la représentation sous la forme d'un histogramme d'une répartition de fréquence.
Le calcul a été effectué à partir de l'article de Monchot (1999).

Mixture

But : Déterminer le nombre de groupe d'une distribution (hétérogène) lorsqu'elle s'est révélée négative au test de normalité. Ces groupes sont calculés de manière à obtenir des répartitions répondant à une loi gaussienne.
Principe et calcul : (Dong 1997, Monchot 1999, Monchot et Léchelle 2002)

10 Répartition des restes (NR) pour les sondages 1, 2, 3, 4, 5, 7, 9 et 11

L'étude malacologique n'étant pas prévue au départ de cette opération, le matériel n'a pas été prélevé de manière homogène (quantités prélevées variables).

Sondage 1, 2, 3, 4, 5 et 6

Sondage	Sondage 1		Sondage 2	Sondage 3		Sondage 4					Sondage 5	Total
US	15	13	4	14	24	22	21	20	19	16	25	
phases sédimentaires	2a	4	15	6	2b	3	4	5	6	9b	1	
GASTEROPODES												
Cerithidea cingulata			28	2	13	138	5	29	1			216
Cerithium scabridum						129	2	18				149
Clypeomorus bifasciatus						8		1				9
Medusafissurella melvilli							2					2
Mitrella blanda					1							1
Polinices sp.								1				1
Potamides conicus					1	8		4				13
Smaragdia souverbiana						2						2
Thais tissoti								1				1
Trochus sp.			1									1
Turbo sp.	1											1
Umbonium vestiarium					4	1240	34	139	8	3	26	1454
BIVALVES												
Amiantis umbonella	13	9				1						23
Anadara erythraeonensis	1											1
Anadara natalensis	1											1
Anadara sp. 1	3											3
Barbatia foliata	1											1
Diplodonta cf. *globosa*						2						2
Dosinia alta						18						18
Hiatula mirbahensis						2	1	3	1			7
Hiatula ruppelliana						1						1
Hiatula sp.					1	3						4
Loripes clausus			1			5		5				11
Marcia marmorata	3				1	1						5
Marcia opima	3					12						15
Meretrix sp.1	3					4						7
Ostrea sp.						10					1	11
Pillucina fischeriana	4		2	13	11	65		27	11			133
Spondylus marisrubri	2											2
Tellina adenensis						1						1
Tellina arsinoensis var. A	7				1	3						11
Tellina arsinoensis var. B	2			31	2	19	1	17				72
Tellina sp.						10					1	11
Wallucina erythraea						12	1	4			2	19
Balanus sp.	23			9	1		2	4	1	2	3	45
Total	**67**	**9**	**32**	**55**	**36**	**1694**	**48**	**253**	**22**	**5**	**33**	**2254**

Phase 1 (soit S5 US 25)

Les données sédimentologiques indiquent la présence de sable plutôt grossier associé à des débris de coquilles. Seulement 33 restes sont disponibles pour cette phase. Il s'agit principalement de coquilles d'*Umbonium vestiarium* (26 coquilles), petit gastéropode (5 mm environ) que l'on trouve fréquemment sur les plages en très grande quantité. L'assemblage malacologique est donc difficilement interprétable d'un point de vue environnemental, on peut néanmoins émettre l'hypothèse de la présence d'une plage à cet emplacement.

Phase 2a (soit S1 US 15)

Cette phase est composée d'espèces très proches de celles que l'on observe sur le diagramme malacologique de SWY 1 (67 restes). On retrouve les espèces de vénéridés du milieu lagunaire (3 *Marcia marmorata*, 3 *Marcia opima*, 3 *Meretrix* sp.1 et 13 *Amiantis umbonella*). Les

observations sédimentologiques confirment ces observations avec un sédiment plutôt sableux-vaseux qui témoignerait de la présence d'une lagune.

Phase 2b (soit S4 US 24)
L'assemblage se compose de 36 restes repartis entre 10 espèces, principalement une Cérithe (*Cerithidea cingulata*, 13 restes), un petit bivalve (11 *Pillucina fischeriana*), quelques Téllines (3 *Tellina arsinoensis*) et des *Umbonium vestiarium* (4 coquilles). Le sédiment de cette phase est vaseux-sableux de couleur vert foncé. L'ensemble indique un milieu de type lagunaire ouvert sur la mer probablement de type plage.

Phase 3 (soit S4 US 22)
Ce niveau est celui pour lequel nous disposons du plus grand nombre de coquilles, avec un total de 1694 restes. C'est aussi le seul niveau daté entre 3665-3454 cal. BC et donc postérieur à l'occupation de SWY1.
Il se compose en grande majorité (73%) de tests d'*Umbonium vestiarium* mais aussi de Cérithes (8% de *Cerithidea cingulata* et 8% *Cerithium scabridum*). Le sédiment de cette phase indique plutôt un milieu sableux, à granulométrie variable en fonction du sondage, associé à de nombreux débris de coquilles. L'ensemble du matériel laisse supposer l'emplacement d'un milieu de type plage.

Phase 4 (soit S1 US 13 et S4 US 21)
L'US 13 du Sondage S1 comprend un faible nombre de restes (seulement 9 restes) tous appartenant à l'espèce *Amiantis umbonella*.
L'US 21 du sondage 4 comprend 48 tests dont 7 Cérithes (5 *Cerithidea cingulata* et 2 *Cerithium scabridum*) et 1 Télline.
Le sédiment de cette phase est très homogène pour tous les sondages, il s'agit d'une formation sableuse litée. L'ensemble correspond à un milieu lagunaire ouvert sur la mer.

Phase 5 (soit S4 US 20)
L'assemblage est composé de 253 restes, principalement des *Umbonium vestiarium* (139 tests), des Cérithes (29 *Cerithidea cingulata* et 18 *Cerithium scabridum*), 17 Téllines et 4 *Potamides conicus* (vivant en contexte lagunaire et parfois associés à la mangrove). Le sédiment est composé de sable interstratifié de limon. S'agit-il d'un apport régulier en eau douce ? Cet apport en eau douce pourrait peut-être expliquer la présence d'une mangrove. Toutes ces espèces indiquent un environnement de type lagunaire avec peut-être un apport en eau douce et donc une mangrove (*Potamides conicus*).

Phase 6 (soit S3 US 14 et S4 US 19)
Les deux assemblages sont assez proches, l'US 14 S3 (55 restes) comprend 31 Téllines et 13 petits bivalves (*Pillucina fischeriana*). L'US 19 S4 avec 22 restes comprend aussi 11 *Pillucina fischeriana* et 8 *Umbonium vestiarium*. Le sédiment est composé de sable moyen et de débris de coquilles marines. L'ensemble indique un milieu sableux de type plage.

Phase 9b (S4 US 16)
Ce niveau n'est pas interprétable car il ne se compose que de 5 restes. Le sédiment varie en fonction des sondages, pour les sondages 2 et 4, il s'agit d'un sable éolien avec des négatifs de racines pour le sondage 4, et des agrégats d'argile roulés pour le sondage 3. L'ensemble pourrait indiquer le recul de la mer par rapport à la phase 6.

Phase 15 (S2 US 4)
Cette phase est représentée par 32 restes et principalement par l'espèce *Cerithidea cingulata* avec 28 tests. Le sédiment se compose de sable moyen qui, associé à de nombreuses Cérithes, s'observe généralement en contexte de plages sableuses.

L'ensemble des six sondages étudiés montre une évolution de la lagune entre SWY 1 et 2 depuis la 1ère moitié du 4ème millénaire av. J.-C. La position de ces sondages permet d'obtenir des informations sur les variations du niveau de la mer. En effet, les cérithes, *Umbonium vestiarium* et Téllines sont généralement localisées au sein de l'étage intertidal à la limite inférieure (plage) contrairement aux vénéridés (*Amiantis umbonella, Marcia marmorata, Marcia opima* et *Meretrix* sp.1) qui l'on trouve essentiellement à la limite supérieure de l'étage intertidal (lagune).
Les sondages indiquent donc la présence d'un niveau marin élevé pendant les phases 2a et 4 (présence d'une lagune à vénéridés) et un peu plus bas pendant les phases 1, 3, 5, 6 et 15. Cette alternance pourrait peut-être correspondre à des apports d'eau douce plus important à certaines périodes.
Les niveaux supérieurs qui suivent sont ensuite composés uniquement d'argile brune rouge de sebkha asséchée pouvant correspondre à une aridification du milieu et donc une baisse du niveau de la mer et/ou de l'apport en eau douce et/ou marine. On observe entre les phases 1 et 5 des alternances de niveaux à vénéridés (haut) et de niveau bas avec Cérithes.

Sondage 7, 8 et 9

Sondages	**Sondage 9**			**Sondage 7**			
US	**24**	**23**	**14**	**27**	**25**	**24**	**23C**
Phases sédimentaires	**1**	**1**	**6**	**3**	**5**	**6**	**7**
GASTEROPODES							
Cerithidea cingulata	6	4		3	5		
Cerithium scabridum	90	24					
Mitrella blanda	4	1					
Nassarius persicus					1		
Nassarius sp.					3		
Potamides conicus		21					
Smaragdia souverbiana	7	7					
Trochus sp.	1	1					
Umbonium vestiarium				39			
BIVALVES							
Amiantis umbonella					2		
Dosinia hepatica	2	3					
Dosinia sp.	10	17		2			
Dosinia sp1	6	1					
Hiatula mirbahensis					36	2	
Loripes clausus				2	6	3	
Marcia marmorata	22						
Marcia opima	17		4		6		
Meretrix sp.1	7	2			11		4
Pillucina fischeriana	8			12	13	4	
Tellina arsinoensis var. A	4						
Tellina arsinoensis var. B		4		19	49	8	
Tellina sp.	1						
Balanus sp.	12	3		6			
Total	**197**	**88**	**4**	**83**	**132**	**17**	**4**

Phase 1 (soit S9 US 23 et 24)
Les Cérithes sont majoritaires dans les deux US (27 % pour l'US 23 et 46 pour l'US 24) ainsi que *Potamides conicus* (24% pour l'US 23). Ces espèces présentent un milieu de type lagunaire, ouvert sur la mer, probablement accompagné d'une mangrove (indiquée par la présence de *Potamides conicus*). Ce niveau contemporain de la fin de la phase 5 du site de SWY 1 comprend

toutes les espèces (excepté *Amiantis umbonella*) de la lagune, visibles dans le spectre malacologique de ce site. Les données sédimentologiques corroborent les observations malacologiques, confirmant ainsi la présence d'une lagune ouverte sur la mer (malacofaune marine) avec probablement la présence d'une mangrove. Ces informations proviennent du sondage 9 très éloigné de la côte ; la lagune s'étendait donc jusqu'à cette zone, à la fin du 5ème millénaire av. J.-C. indiquant un niveau marin plus élevé.

Phase 3 (soit S7 US 27)
On retrouve pour cette phase un assemblage de type plage avec *Umbonium vestiarium* (47%) et des Téllines (23%). Le sédiment est plutôt sablo-vaseux de type lagunaire, associé à *Umbonium vestiarium* et aux Téllines, il pourrait s'agir de l'emplacement d'une plage qui indiquerait donc une diminution de la surface lagunaire (et peut-être un niveau marin plus bas).

Phase 5 (soit S7 US 25)
Les espèces sont principalement des Téllines (19%) et une autre espèce proche *Hiatula mirbahensis* (27%). Associé à un sédiment vaseux, ces espèces indiquent la présence d'un milieu lagunaire ouvert sur la mer, peu éloigné de la plage (intertidal inférieur).

Phase 6 et 7 (soit S7 US 24 et 23C et S9 US 14)
Nous ne disposons que d'un très faible nombre de restes pour ces deux phases (21 pour la phase 6 et 4 pour la phase 7. Elles sont donc difficilement interprétables. Le sédiment est composé d'argile beige ou de sable fin éolien indiquant l'absence d'eau dans cette zone et donc le retrait de la mer et la disparition de la lagune pour les sondages 7 et 9.

Sondages 10 et 11
Les sondages 10 et 11 ont été réalisés dans la zone de sebkha, à proximité du site de SWY 3. Ils permettent d'obtenir une vision de la zone côtière après 403-208 cal. BC. C'est-à-dire postérieure à l'occupation du site. L'étude de l'histoire de cette lagune nous permettra une meilleure compréhension des mécanismes régulant cette zone.
Plusieurs prélèvements malacologiques ont été effectués pour ces deux sondages mais seulement ceux effectués dans le sondage S11 étaient composés de restes coquilliers (**Tab. 24**). Comme pour les sondages 1 à 9, plusieurs phases ont été définies par Jean-François Berger (rapport préliminaire non publié), en fonction des observations géologiques (**Fig. 14**).
Le spectre malacologique de SWY 3 confirme la présence d'une lagune pendant l'occupation du site c'est-à-dire entre 2300 et 2000 BC. Les données hors site indiquent la persistance de cette lagune après l'occupation. D'une manière générale, cette lagune se différencie avec celle observée à SWY 1 par des phases de retrait de la mer et, contrairement à SWY 1, elle perdure bien après l'occupation du site c'est-à-dire après 403-208 cal. BC.
Afin de mieux comprendre son évolution, nous avons choisis de décrire chacune des phases géologiques de la plus ancienne à la plus récente.
La phase 1 (US 46-45) est un faciès vaso-sableux contenant quelques restes de coquilles essentiellement des Cérithes, des *Marcia opima* et des Téllines ainsi que des écailles de poissons. Tout semble indiquer la présence d'une lagune pendant cette phase.
La phase 2 (US 44 et 43) est une alternance de sédiments vaseux et sableux. Ce sédiment comprend quelques restes de crabes mais aussi de nombreuses coquilles de cérithes, Vénéridés (*Marcia opima* et *Meretrix* sp.1) et des Téllines. Comme pour la phase 1, cet assemblage correspond à un environnement de type lagune, les alternances avec le sédiment sableux pourrait correspondre avec des petites phases de retrait de la mer. Cette phase a été datée de 403-208 BC cal. c'est-à-dire postérieurement à l'occupation du site. Elle montre la persistance de cette lagune contrairement à la lagune de SWY 1 qui disparaît assez rapidement après l'occupation du site.

Phases	1	2		3a		5	6a	6b	6c		7	8	9	10	11	12	13	17
US	**45-46**	**44**	**43**	**41**	**39**	**28**	**27**	**26**	**24**	**23**	**22**	**21**	**20**	**19**	**18**	**16-17**	**15**	**7**
GASTEROPODES																		
Bulla ampulla														1				
Bullia rogersi						1												
Cerithidea cingulata		45	204	2	1	11	104	43	6	7	2	5	3	10	1	18	5	
Cerithium scabridum		9	21	1		1	14	12			7	39	287	195	1	14		
Mitrella blanda												1	1	2				
Nerita debilis			1															
Smaragdia souverbiana		1														4		
Umbonium vestiarium						1							1					
BIVALVES																		
Amiantis umbonella							2											
Dosinia hepatica			8				7					1						
Dosinia sp.			40	1			36					17	2					
Hiatula mirbahensis								2						4				
Hiatula ruppelliana			6				6								2			
Hiatula sp.							3					2						
Marcia marmorata													4					
Marcia opima			12				7					2				4		
Meretrix sp.1			22				42	1							1			6
Ostrea sp.			1				1											
Paphia undulata							1											
Pillucina fischeriana		1					1	3		1								
Tellina arsinoensis var. A						4	11	12			5	12	10	11				
Tellina arsinoensis var. B		5	36				17	6	1			8	6	7		1	2	
Tellina sp.							3											
Balanus sp.	1	6	11				2					1	1	1		1	1	
Total	**1**	**67**	**362**	**4**	**1**	**18**	**257**	**79**	**7**	**8**	**14**	**88**	**315**	**231**	**5**	**42**	**8**	**6**

Répartition des restes coquilliers du sondage 11 par phases sédimentologique et par US.

La phase 3 (US 41 et 39) est divisée en deux sous-phases a et b qui correspondent à des faciès vaso-sableux. La phase 3a comporte un sédiment vaseux vert et très compact avec de nombreux négatifs de racines et quelques cérithes. Ce niveau est difficile à interpréter, il pourrait correspondre à une phase de retrait rapide de la mer qui expliquerai le sédiment compact et qui est d'ailleurs suivi à la phase 3b, faciès vaseux mais sans coquille.
La phase 5 (US 28) est un faciès vaso-sableux alterné de niveaux sableux, les coquilles sont peu nombreuses avec seulement 18 restes essentiellement des Cérithes et des Téllines. Ce faciès pourrait correspondre une zone de plage.
La phase 6 est sous divisée en trois phases a (US 27), b (US 26) et c (US 24 et 23). Ces trois sous-phases correspondent toutes à des faciès vaso-sableux. Néanmoins on peut observer à partir des restes coquilliers, quelques variations. La sous-phase 6a comporte 257 restes très diversifiés (16 taxons) avec des Cérithes, des Téllines et des Vénéridés (*Marcia opima*, *Meretrix* sp.1 et plusieurs espèces de *Dosinia*). La sous-phase 6b ne comprend que 79 restes coquilliers (Téllines, Cérithes et 1 *Meretrix* sp.1). Enfin la sous-phase 6c est composée uniquement de 15 restes dont 13 cérithes, 1 Téllines et 1 *Paphia undulata*. La phase 6 dans son ensemble montre une progressive diminution du nombre de coquilles et de diversité qui pourrait peut être correspondre à une remonté de la mer à la sous-phase 6a puis un retrait de la mer (US 27) et enfin de nouveau une transgression marine pour les phases 6b et c.
La phase 7 (US 22) comprend un faible nombre de coquilles (14 restes) dont 9 cérithes et 5 Téllines. Le sédiment se compose d'argile beige de sebkha légèrement vaseuse. Ce niveau semble donc très pauvre en coquilles ce qui indiquerait un possible retrait de la mer.

Le sédiment de la phase 8 (US 21) est plutôt vaso-sableux et dispose de 88 restes coquilliers essentiellement des Téllines et des Cérithes. Il pourrait s'agir d'un niveau de plage.
Pour la phase 9 (US 20), le sédiment est aussi vaso-sableux avec 315 restes coquilliers et dont essentiellement des Cérithes (290 Cérithes). Cet assemblage indique un milieu de type lagunaire mais en zone de plage.
Le sédiment de la phase 10 (US 19) est un faciès vaseux comprenant des macro-restes végétaux et quelques fragments de poissons. Sur les 231 restes de coquilles, 205 sont des cérithes. Comme pour la phase 9, il pourrait s'agir d'un niveau de lagune.
La phase 11 (US 18) se compose d'un sédiment vaseux avec très peu de coquilles (seulement 5 restes). Cette diminution du nombre de coquilles pourrait peut-être indiquer un retrait de la mer.
Pour la phase 12, nous ne disposons d'aucun reste coquillier, ce qui semblerai confirmer l'hypothèse, énoncée pour la phase 11, d'un retrait de la mer.
La phase 13 (US 15) est composée d'un sédiment vaso-sableux avec très peu de coquilles (seulement 8 restes). Les phases suivantes (phases 14, 15 et 16) sont composées de sable éolien confirmant le retrait de la mer.
La phase 17 (US 7) est particulière puisqu'elle est composée de sable lité avec seulement 6 coquilles, toutes étant de l'espèce *Meretrix* sp.1. La présence de coquillage dans cette zone est étonnante puisque le sédiment indiquerait plutôt une zone sèche et le retrait de la mer dans cette zone. Les coquillages étant tous de l'espèce *Meretrix* sp.1, il pourrait s'agir d'une erreur d'étiquetage.

11 Protocole de réalisation des lames minces

La réalisation de lames minces permettra une meilleure lisibilité des stries de croissances. Dans un premier temps, un test a été effectué sur dix opercules (n°1 à 10) afin de déterminer si la lecture de l'opercule était possible. Pour cela nous avons sélectionné un groupe d'opercule présentant un bon état extérieur et réparti du plus petit au plus grand. Ces premières lames ont révélé une bonne lisibilité des opercules. Les trente opercules suivant (n°11 à 40) ont été sélectionnés en fonction de leur état de conservation externe sans distinction de tailles.

Inclusion dans la résine

Compte tenu de la fragilité des coupes d'opercules, nous avons choisi d'inclure les opercules dans la résine afin de les consolider avant de les coller à la lame.

Dans un premier temps, on utilise des moules en caoutchouc dans lesquels un fond de résine a déjà été versé auparavant pour permettre d'inclure entièrement l'objet. Les pièces sont placées dans le moule, bien à l'horizontale et espacées, des étiquettes peuvent être rajoutées pour différencier les pièces. On évalue la quantité de résine nécessaire par rapport à la hauteur et au nombre de blocs. Le catalyseur est ensuite dosé à 2 % puis on verse la résine (Résine polyester, Norsodyne). Les moules sont ensuite placés dans une étuve où l'on fait le vide pendant 1 minute, jusqu'à 200 mbar, puis on casse l'air progressivement. Les moules sont ensuite placés sous la hotte, pendant 24 à 48 heures pour une polymérisation complète. L'opération se termine par une cuisson à 60°C dans une étuve pendant 24h.

Découpe et polissage des blocs

Découpe des blocs

Lorsque le bloc en résine est bien sec, on le découpe à l'aide d'une scie circulaire diamantée à 600 tours/min. Dans un premier temps, le bloc est dégrossi de manière à obtenir une surface plane et la plus petite possible. Le bloc est ensuite coupé, pour s'approcher au maximum de la surface plane des opercules.
Cette étape doit être effectuée avec beaucoup de précaution car il existe un risque de fissurer le bloc et l'opercule.

Polissage des blocs

Le polissage s'effectue progressivement jusqu'à obtenir une surface d'opercule bien plate et sans rayure. Il s'effectue avec des polisseuses électriques à vitesses variables (cette opération peut aussi être effectuée à la main). Les grains utilisés sont assez divers de 400 (le plus gros) à 2400 (pour le plus fin).
On commence pour les gros grains pour passer progressivement aux plus petits grains afin d'éliminer les rayures. On finit en utilisant une plaque de velours et de la poudre d'alumine pour effacer toute trace.

Collage

Cette étape comprend le collage du bloc de résine sur une lame, la colle utilisée doit être solide et ne pas laisser d'espace libre entre la lame et le bloc de résine qui pourrait gêner la lisibilité de la lame.

La colle époxy utilisée se compose de deux produits qu'il faut faire chauffer à l'étuve quelques minutes avant utilisation. La plaque chauffante est mise à chauffer à th.6. Les différents blocs de résines sont posés dessus, la face chauffante contre les opercules. Cette manipulation permet de faire chauffer la résine pour que la colle adhère mieux.

Les lames sont dégraissées à l'acétone pour éviter toutes traces de gras ou de poussières puis placées sur la plaque chauffante.

Préparation de la colle :
7 doses d'un flacon pour 3 doses de l'autre. Il faut préparer environs 5g pour 10 lames. Les quantités sont dosées avec deux seringues (une pour chaque produit) sur une balance. Puis les deux produits sont mélangés en tournant perpendiculaire. Le mélange est prêt lorsqu'il prend une couleur ambrée.

Collage
La colle est appliquée sur un des bords de la lame, puis posé progressivement sur le bloc et sur la lame pour éviter les bulles. Le bloc est centré sur la lame et fixé avec un trombone.
Les lames sont ensuite placées sur une plaque recouverte de papier et mises dans une étuve pendant 24h.

Découpe et finition des lames
Les blocs sont découpés avec une scie circulaire (600 tours/min) au ras de la lame à une épaisseur de 200 à 150 µm.
Le polissage s'effectue avec des polissoirs électriques avec vitesses variables. Les grains utilisés sont assez divers de 400 (le plus gros) à 2400 (pour le plus fin).
On commence pour les gros grains pour passer progressivement au plus petits grains et finir avec l'étape du polissage effectuée avec une plaque de velours et de la poudre d'alumine.
Le polissage s'effectue progressivement jusqu'à ce qu'on effleure les opercules, s'arranger pour que la surface soit bien plate.
L'opération est à renouveler jusqu'à obtention d'une lame lisible sous un microscope. L'épaisseur de la lame varie d'un opercule à l'autre.

12 Description de l'espèce *Meretrix* sp.1

Parmi le matériel archéologique, un bivalve de la famille des Vénéridés (**Fig. 1**) n'est représenté dans aucun des ouvrages de détermination et aucune description n'existe actuellement de ce bivalve. Aucun spécimen vivant n'a été trouvé sur les plages omanaises. Ce bivalve est très commun sur certains sites archéologiques, particulièrement lorsqu'ils sont situés à proximité d'une sebkha ayant fonctionné en système lagunaire pendant l'occupation du site. Plusieurs spécimens ont été présentés à différents spécialistes en malacologie : Dr Akihiko Matsukuma (Université de Kyushu), Dr Moolenbeek, R.G. (National Museum of Wales), Dr Donald et Eloise Bosch (Amsterdam) et Dr Rudo van Cosel (MNHN, Paris). Ils s'accordent sur le fait que ce bivalve est du genre *Meretrix*. Nous avons donc choisi de le nommer *Meretrix* sp.1 dans l'attente de plus de précisions.

Description provisoire de l'espèce *Meretrix* sp.1

Genre : *Meretrix*
Nom provisoire de l'espèce : *Meretrix* sp.1
Espèces proches : *Meretrix impudica* ; *Meretrix petechialis*

Description : Ht. : jusqu'à 57 cm / L. : jusqu'à 75 cm. La coquille est de forme légèrement triangulaire et assez épaisse en particulier dans la partie antérieure de la valve. Le bord postérieur est très anguleux contrairement au bord antérieur plus arrondi. L'écusson et la lunule sont quasi inexistants. La surface extérieure est lisse mais porte les marques de lignes de croissance concentriques visibles dans la partie antérieure mais qui s'efface dans la partie postérieure. Chaque valve porte trois dents cardinales plus une dent antérieure latérale sur la valve gauche correspondant à un creux sur la valve droite. La nymphe est finement striée. Les impressions musculaires et la ligne palléale sont bien marquées, le sinus palléal est inexistant. Il est difficile de faire une estimation de la couleur à partir des exemplaires archéologiques et paléoenvironnementaux dont nous disposons, ceux-ci ne portant généralement pas de traces de couleur. Néanmoins certains exemplaires particulièrement bien conservés semblent être entièrement blanc à beige clair. Un des exemplaires porte des taches marron violette sur la partie interne postérieure.

Distribution : Espèce observée uniquement en contexte archéologique et hors site (entre 4604-4429 BC cal. et 403-208 BC cal.[2]).

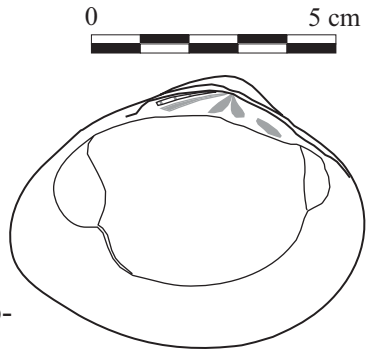
Ecologie : Les observations effectuées dans les sondages paléoenvironnementaux indiquent plutôt une espèce vivant en contexte lagunaire marin.

Remarques : Spécimens soumis à Akihiko Matsukuma (Université de Kyushu), Dr Moolenbeek (National Museum of Wales, Cardiff), R.G., Dr Donald et Eloise Bosch (Amsterdam) et Dr Rudo van Cosel (MNHN, Paris).

[2] La date la plus ancienne a été obtenue sur le site de SWY1, US 6 (*Meretrix* sp.1 est aussi présente dans les US 9 et 7 plus anciennes mais non datées) et les niveaux les plus récents ont été obtenus en contexte hors site dans le sondage 11 US 7 mais seule l'US 43 est datées.

a-

b-



c-

Figure 1 : Photos et schéma représentant un individu de l'espèce *Meretrix* sp.1
(Provenance : Sondage hors site n°11 US 7)
a- valves gauche et droite (vue interne)
b- schéma d'une valve gauche avec la position et la forme des dents et de la ligne palléale
c- valve gauche (vue externe)
(clichés Chloé Martin)

13 Article à paraître :

Martin, C. (à paraître). Study of the shell material from Suwayh 1 (Oman, Neolithic). Archaeomalacology : Molluscs in former environments of human behaviour. D. Bar-Yosef. Durham. **9th ICAZ Conference, Durham 2002:** 166-173.

9th ICAZ Conference, Durham 2002
Archaeomalacology: Molluscs in former environments of human behaviour (ed. Daniella Bar-Yosef) pp. 166–173

17. The Shell Material from Suwayh I (Oman, Neolithic)

Chloé Martin

Suwayh 1 (SWY1) is located on the coast of Oman, 500 m from the sea, near a sebkha. Excavation at this site has uncovered a sequence of seasonal occupations by hunter-gatherers from the sixth to the fifth millennium BC, and is mainly composed of shell and fish remains. More than 100 different species of shells studied here come from 28 archaeological levels of a test pit. Three different biotopes are indicated by the species present here: a) Lagoon: Marcia marmorata, Marcia opima and Amiantis umbonella, Meretrix *sp.1 (Bivalvia : Veneridae); b) Mangrove:* Terebralia palustris *(Gastropoda: Potamididae); c) Rocky shore*: Noetiella chesneyi *(Bivalvia: Noetiidae),* Lunella coronata *(Gastropoda: Turbininae),* Cypraea *sp. (Gastropoda: Cypraeidae),* Nerita *sp. (Gastropoda: Neritidae).*

The study of the shellfish assemblage of SWY1 indicates collection in three different biotopes mainly in the lagoon phase with the presence of the four species Marcia marmorata, Amiantis umbonella, Marcia opima *and* Meretrix *sp.1. The lagoon is the main biotope in existence during occupation of the site. Shells from the mangrove biotope were exploited during the fifth millennium BC, probably during a time of lagoon development.*

This information provides some preliminary indication about the relationship between human exploitation and environmental changes in the lagoon.

Introduction

The first excavation as part of the Joint Hadd Project undertaken on the site of Suwayh 1 began in 2000 and extended into 2001 under the direction of Vincent Charpentier. Cores from the *sebkha* have shown that it had functioned as a lagoon system during the fifth millennium BC. The study of the shell material was undertaken both in Oman, as well as at the Muséum National d'Histoire Naturelle in Paris, France. This work presents the first results obtained for Suwayh 1 in the framework of a doctoral dissertation on the study of the shell material during the Neolithic and Bronze Ages in Oman. From this material, two principal results have been obtained: the identification of collection zones, and the reconstruction of the environment near the site.

The Site

The site of SWY1 is located in the region of the Ja'alan (Fig. 1), by the sea, in an area that is presently dry. The immediate environment is composed of sand dunes and *sebkhas*. At present, the *sebkha* of Suwayh is inactive, since the sea is too distant for it to be fed with sea water. The site extends over an area of approximately 2.5 hectares with a stratigraphy more than 2 m deep, but it has been partly destroyed during the construction of the village school. The area has been occupied as early as in the sixth millennium BC. Many post holes have been discovered and indicate the former presence of several circular houses. Fishing was an important activity, as indicated by numerous fish remains as well as by hooks made out of the mother of pearl of the shell *Pinctada margaritifera,* and by net weights in stone. The collection

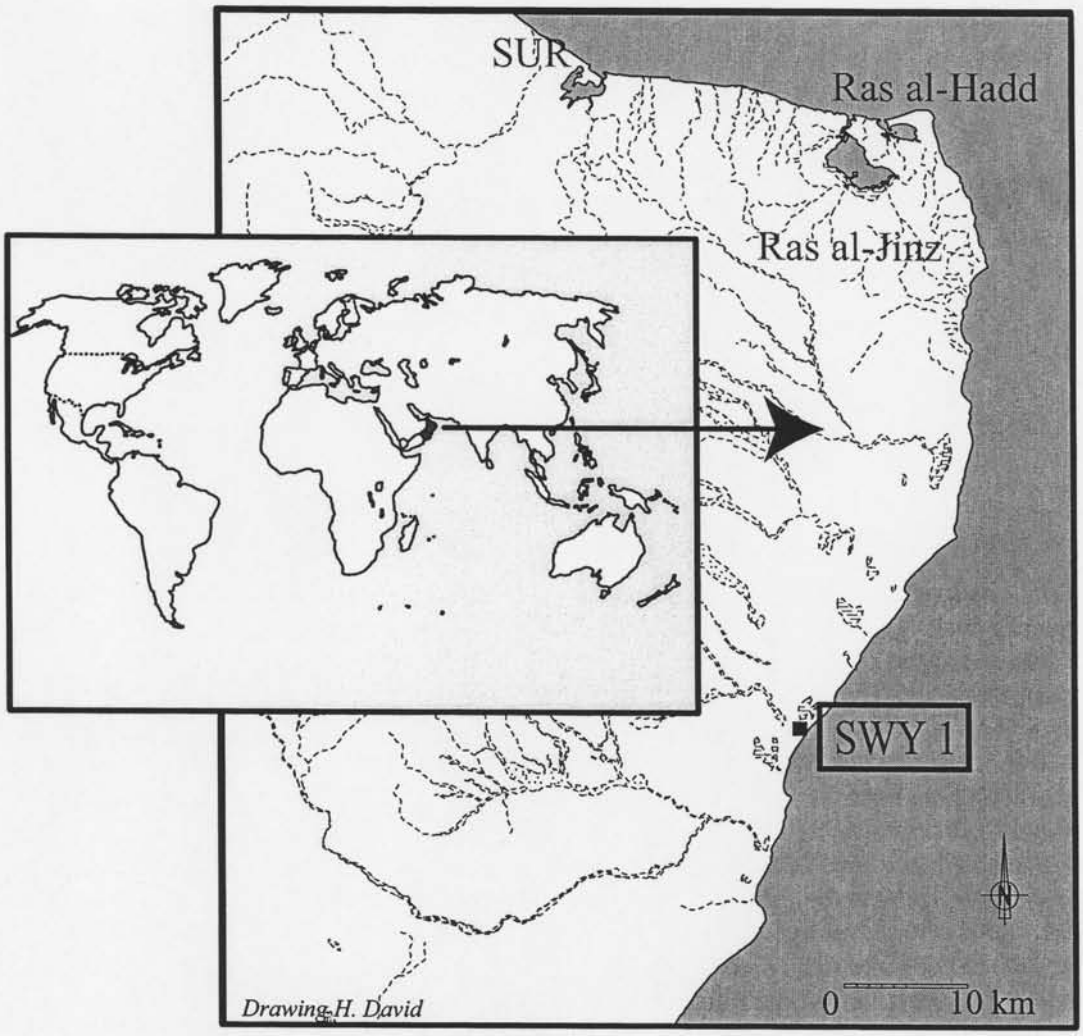


Fig. 1. Location of the site (drawing by H. David modified).

of shells was also a very important activity as indicated by many shell fragments included in the sediment. Shells were used for the manufacture of ornaments (pearls for jewelry and pendants) as well as for fishing hooks (Charpentier *et al.*, 2000). In the framework of this study, only fractured shell remains corresponding to consumption residues and secondary or accidental prey (Claassen 1998, 111) have been analysed.

Material and Methods

The core was set within the site in a zone where the stratigraphy seemed expanded and material rich (4 m^2 surface on 2 m of depth, including 28 archaeological levels). In order to collect the maximum of shell remains, the totality of the sediments was dry sieved with a mesh of approximately 4 mm. The sieve residue was then sorted to obtain all the small shell fragments. Part of the material was then counted, weighed and identified in Oman, the other part was sent for study to the Muséum National d'Histoire Naturelle in Paris, France. The material was identified using the malacological collection of the Laboratory of Biology of Marine Invertebrates and with the help of several specialized books (Bosch *et al.* 1995; Oliver 1992). Several problems of identification have been encountered during this work: indeed, mollusc geographic distribution is very different from present observations. Several species found on the site no longer are found in the Sea of Oman. Several species were difficult to identify since they were not represented in malacological references. Among all species uncovered on the site, a bivalve of the genus *Meretrix* remains as yet unidentified, and could represent a new species.

species	1		2		3		4		5		6		7		8		9		11		12		13		15		16		17	
	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni
Lunella coronata	516	273	382	149	126	64	34	15	23	7	74	36	210	113	119	41	121	35	655	285	1079	596	119	61	230	126	579	332	186	95
Terebralia palustris	8	5	18	10	55	45	62	48	72	50	187	157	165	119	46	39	20	14	6	4	5	4		0	2	2		0		0
Cypraea sp.	6	5	3	2	9	8	3	2	4	4	3	3	29	28	29	26	23	22	63	63	135	131	36	29	33	31	72	68		0
Nerita sp.	6	6	6	6	19	17	11	11	8	8	10	10	58	58	66	66	14	14	14	14	14	14	2	2	6	6	8	8	4	4
Others gastropods	157	72	121	68	141	77	63	50	32	23	75	51	276	228	265	192	124	90	158	93	113	68	56	32	72	47	110	85	44	31
Amiantis umbonella	361	221	92	34	288	170	282	150	50	31	75	40	123	75	101	65	80	43	171	91	307	157	67	45	86	45	254	123	68	38
Marcia marmorata	15	8	2	1	13	6	2	2	6	4	33	24	70	47	113	57	130	75	628	373	638	369	298	190	359	218	914	544	420	247
Marcia opima	110	97	59	33	775	666	283	205	38	33	46	39	42	26	12	12	10	5	36	16	15	5	4	1	25	13	59	27	48	30
Meretrix sp.1	334	236	88	36	473	335	222	153	14	9	31	24	11	8	1	0	2	2		0	1	0		0		0		0		0
Noetiella chesneyi	2	1	1	0	10	5	10	4	12	5	50	26	127	56	44	14	13	8	21	14	7	6	13	6	24	11	24	13	4	2
Others bivalves	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
total	1515	924	772	339	1909	1393	972	640	259	174	584	410	1111	758	796	512	537	308	1752	953	2314	1350	595	366	837	499	2020	1200	774	447

species	18		19		20		22		23		24		25		26		28		29		30		31		32	
	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni	nr	mni
Lunella coronata	103	60	12	19	1	0	19	9	70	33	140	70	157	70	11	6	211	102	56	12	124	35	80	28	28	17
Terebralia palustris		0		0		0		0		0	2	2		0		0	2	0		0		0		0	1	1
Cypraea sp.	9	7	8	8	5	5	18	16	12	3	15	15	13	11	13	13	92	92	28	27	60	58	36	32	34	32
Nerita sp.	3	3	2	2		0	1	1	1	1	3	3	5	5	4	4	8	8	2	2	7	7	4	4		0
Others gastropods	59	51	85	66	18	12	69	53	65	38	104	62	101	48	31	22	151	98	38	17	187	85	120	44	35	17
Amiantis umbonella	122	75	670	584	105	64	170	98	2	1	58	14	20	10	12	8	40	23	12	7	38	23	37	20		0
Marcia marmorata	1016	635	1013	893	396	252	1989	1096		0	106	60	87	57	85	52	708	395	196	112	204	124	160	99	16	5
Marcia opima	37	20	111	68	3	3	163	99		0	6	2	2	2	4	4	16	5	6	1	10	3	20	8		0
Meretrix sp.1		0	1	0		0	3	0		0		0		0		0		0		0		0		0	1	0
Noetiella chesneyi	14	3	13	9	6	1	25	11	2	2	5	2	7	2	1	1	39	21	19	5	84	30	265	117	96	21
Others bivalves	20	8	16	3	8	7	17	6	1	0	29	11	16	9	9	2	37	10	9	3	27	6	22	10	3	1
IND.	2						2		3		2						12		1				1			
Balanus sp.																	3	3								
total	1385	862	1931	1652	542	344	2476	1389	156	78	470	241	408	214	170	112	1319	757	367	186	741	371	745	362	214	94

Fig. 2. Counts of the most common shells in the site by sample unit; for other gastropods and bivalves see Fig. 3.

BIVALVIA	auteur
Amiantis umbonella	(Lamarck, 1818)
Anadara sp.	Gray, 1847
Anodontia edentula	(Linné, 1758)
Asaphis violascens	(Forsskal, 1775)
Barbatia foliata / decussata	
Barbatia oblicata	(Wood, 1828)
Barbatia sp.	Gray, 1842
Beguinat gubernaculum	(Reeve, 1843)
Chlamys senatoria	(Gmelin, 1791)
Chlamys sp.	Röding, 1798
Chlamys towsendi	(Sowerby, 1895)
Circenita callipiga	(Born, 1780)
Dosinia insularum	Fischer-Piette, 1976
Dosinia pubescens	(Philippi, 1847)
Isognomon sp.	Lightfoot, 1786
Lutraria australis	Deshayes, 1855
Marcia marmorata	(Lamarck, 1818)
Marcia opima	(Gmelin, 1791)
Meretrix sp.1	
Meropesta pellucida	(Gmelin, 1791)
Noetiella chesneyi	Oliver &Chesney, 1994
Paphia undulata	(Born, 1778)
Perna picta	(Born, 1778)
Pinctada sp.	Röding, 1798
Plagiocardium pseudolima	(Lamarck, 1819)
Protapes sp.	
Pteriidae	
Tivela ponderosa	(Koch, 1844)
Trapezium sublaevigatum	(Lamarck, 1819)
Veneridae	
GASTROPODA	
Anachis faurati	(Jousseaume, 1888)
Ancilla castanea	(Sowerby, 1830)
Ancilla sp.	
Architectonica sp.	
Babylonia sp.	
Babylonia spirata	
Bullia mauritania	Gray, 1839
Cantharus spiralis	(Gray, 1846)
Cantharus undosus	(Linné, 1758)
Cassidula nucleus	(Gmelin, 1791)
Cerithidea cingulata	(Gmelin, 1791)
Cerithium nodulosum	Bruguière, 1792
Cerithium scabridum	Philippi, 1848
Clanculus sp.	
Clypeomorus bifaciatus	(Sowerby, 1855)
Columbella aspersa	Sowerby, 1844
Conus miles	Linné, 1758
Conus sp.	
Crepidula walshi	Reeve, 1859
Cronia cf. *margariticola*	(Melvill, 1893)
Cymatium sp.	
Cypraea sp.	
Diodora singaporensis	(Reeve, 1850)
Impages hectica	(Linné, 1758)
Littoraria intermedia	(Philippi, 1846)
Lunella coronata	(Gmelin, 1791)
Melampus castaneus	(Mühlfeld, 1816)
Mitra aurantia aurantia	(Gmelin, 1791)
Mitra aurantia subruppeli	Finlay, 1927
Mitrella blanda	(Sowerby, 1844)
Morula granulata	(Duclos, 1832)
Murex scolopax	Dillwyn, 1817
Nassarius arcularia plicatus	(Röding, 1798)
Nassarius coronatus	(Bruguière, 1789)
Nassarius marmoreus	(A. Adams, 1852)
Nassarius persicus	(Martens, 1874)
Nassarius sp.	
Nassarius splendidulus	(Dunker, 1846)
Natica cernica	Jousseaume, 1874
Natica pulicaris	Philippi, 1852
Naticinae	
Nerita sp.	
Oliva bulbosa	(Röding, 1798)
Osilinis kotschyi	(Philippi, 1849)
Planaxis sulcatus	(Born, 1780)
Pleurocopa trapezium	(Linné, 1758)
Polinices cf. *aurantius*	(Röding, 1798)
Polinices sp.	
Potamides conicus	(Blainville, 1826)
Prunum terverianum	(Petit, 1851)
Purpura panama	Röding, 1798
Rhinoclavis kochi	(Philippi, 1848)
Scutus unguis	(Linné, 1758)
Strigatella litterata	(Lamarck, 1811)
Strombus gibberulus	Linné, 1758
Strombus mutabilis	Swainson, 1821
Strombus persicus	Swainson, 1821
Strombus sp./*Conus* sp.	
Terebralia palustris	(Linné, 1767)
Thaidinae	
Thais lacera	(Born, 1778)
Thais savignyi	(Deshayes, 1844)
Thais tissoti	(Petit, 1853)
Tonna sp.	
Trochoidea	
Trochus erithraeus	Brocchi, 1823
Turritella sp.	
Tutufa bardeyi	(Jousseaume, 1894)
Umbonium vestiarium	(Linné, 1758)
Saccostrea cucculata	(Born, 1778)
Balanus sp.	
IND.	

Fig. 3. Species list in SWYI.

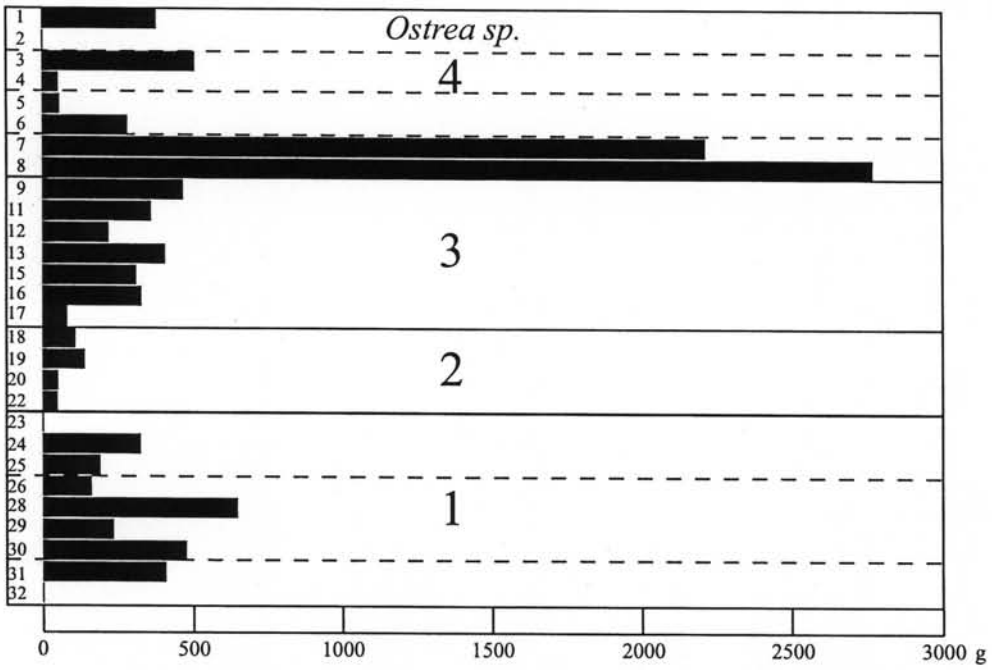


Fig. 4. Weight of the Ostrea sp. *by archaeological level (levels listed from the most recent to the most ancient).*

Results and Interpretations

In total, one hundred species have been identified which are distributed into three classes: bivalves, gastropods and crustaceans (*Balanus* sp.). A minimum number of 16,935 individuals (MNI of frequency) has been counted for 27,671 remains (Figs 2 and 3). For the calculation of the MNI, I have chosen to use the right or the left valve for the bivalves and a part of the shells for gastropods. To this number of shell remains, it is necessary to add oysters (*Ostrea* sp.) which were weighed but not counted, owing to lack of time and their apparent fragility (Fig. 4).

The taxonomic diagram in figure 5 shows four main phases. Each phase is characterized by a different collection pattern. I chose to represent in this diagram only the main species quantitatively present (Figs 2 and 3).

These divisions are confirmed by the results of the factorial correspondence analysis (FCA) using the data from MNI. One can recognize on this FCA a similarity between phases 1 and 3 (Fig. 6).

Phase 1 (earliest levels)

This phase is characterized by the large quantities of fragments of *Marcia marmorata* (lagoon), *Lunella coronata, Cypraea* sp. and *Noetiella chesneyi* (rocky shore). The evidence for this phase therefore, indicates that the collection of shells was made mainly in the lagoon and in rocky areas.

Phase 2

During phase 2, the collection mainly focused on the lagoon, as indicated by the numerous fragments of *Marcia marmorata, Amiantis umbonella* and *Marcia opima.* Species of the rocky area are almost non-existent. This predominance of the collection in the lagoon can be explained either by a cultural choice or by an earlier overexploitation of the species of the rocky shore.

Phase 3

Phase 3 is similar to phase 1. The presence of lagoon species (*Marcia marmorata* and *Amiantis umbonella*) together with rocky shore species (*Lunella coronata* and *Cypraea* sp.) is apparent, with a lower proportion of the species *Noetiella chesneyi.* The gathering for shells was therefore focused both on the lagoon and on the rocky shores.

Phase 4

This phase is characterized by many changes. The species *Marcia marmorata* disappears gradually in contrast to the species *Amiantis umbonella*, *Marcia opima* and *Meretrix* sp.1 whose numbers of individuals increase. The assemblage indicative of lagoon species is still present but relative contributions of the different species differ from those of the preceding phases. This phenomenon is complemented by the appearance of another species *Terebralia palustris,* characteristic of *mangroves.* The presence of *Terebralia* does not necessarily indicate

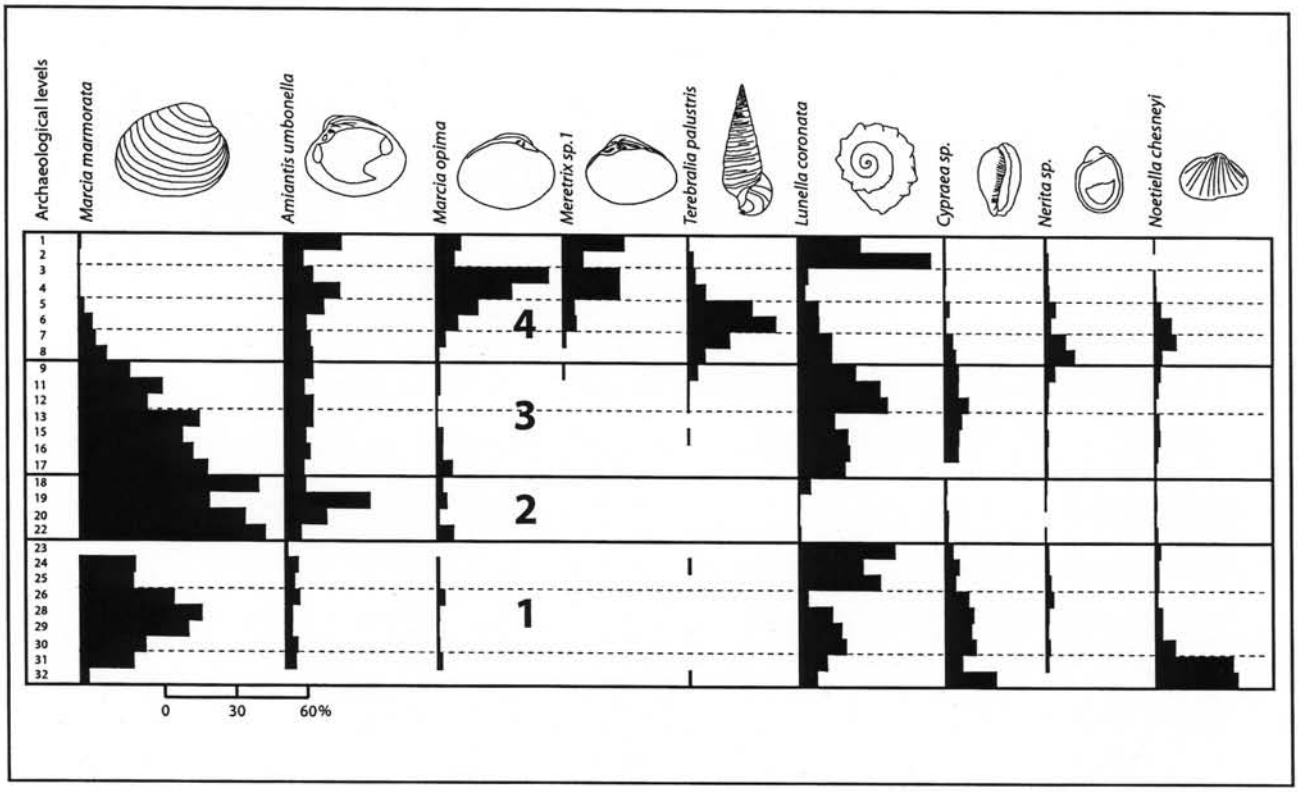


Fig. 5. Percentage of MNI of main species (levels listed from the most recent to the most ancient).

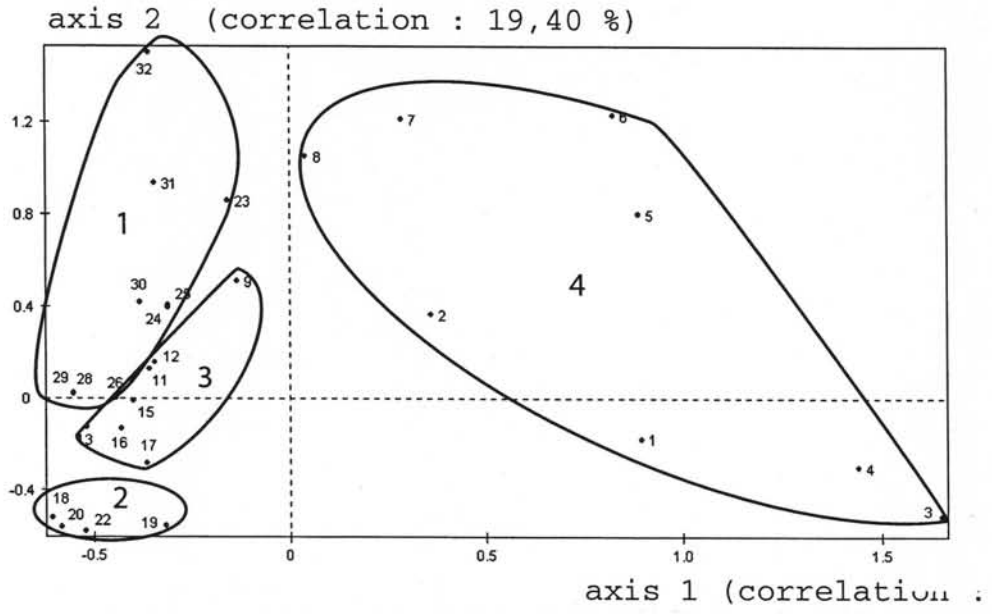


Fig. 6. Factorial correspondence analysis representing archaeological levels.

an abrupt appearance of the mangrove but rather the presence of a mangrove significantly large enough to allow the development of this shell. *Terebralia palustris* is not the only species indicating the presence of a mangrove: amongst fragments of oyster shells, an upper valve of *Ostrea* sp. bears the print of an *Avicennia marina*

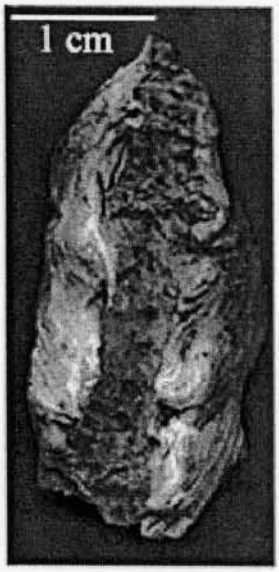


Fig. 7. Ostrea sp. *with a print of* Avicennia marina *(roots).*

Fig. 8. Sandy area nearby the site. The arrow indicates the position of the core.

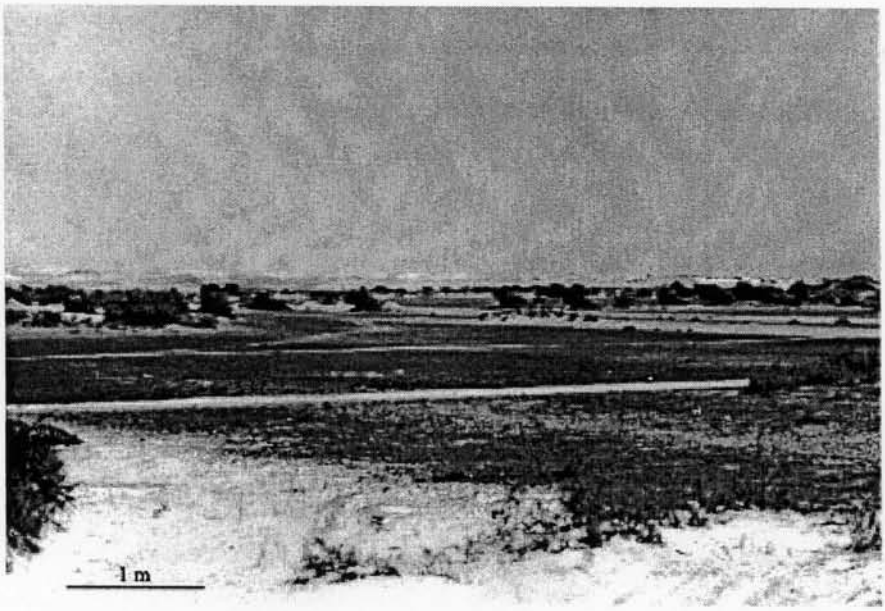


Fig. 9. The sebkha nearby the site.

root (Fig. 7). Indeed, some oyster species adapted to live on the rocky shore as well as in the mangrove, fixed on roots (Plaziat 1984, 1995). Moreover the presence of a mangrove is confirmed by the increase in the number of oysters (more than 2 kg).

In phase 4 therefore, two major changes are observed: 1) the change of species composition in the lagoon and 2) the presence of Terebralia palustris. These changes may indicate environmental variations important enough to be reflected in the shell diversity that could be collected. The rocky shore is consistently represented with the species *Lunella coronata, Nerita* sp. and *Noetiella chesneyi.*

In sum, for this phase, collecting took place in three different areas, the lagoon, the mangrove and the rocky shore. According to the diagram (Fig. 5), it is possible to observe different collection strategies in three biotopes, the rocky shore, the lagoon and the mangrove. Variations in the collection can be of human origin (phase 2) or could be explained by environmental changes reflected

in the fauna despite the influence of human collection such as the presence of a mangrove during phase 4. The presence of a lagoon and a mangrove near the site is at odds with the present day environment of the site (sebkha and sandy beaches), therefore, along with the shell analysis, we suggest an environmental reconstruction.

Environmental Reconstruction

This environmental reconstruction does not aim to replace climatological or geological studies but only attempts to explain environmental variations between the present environment and the environment of the sixth and the fifth millennia BC.

The present environment of the site is composed only of a *sebkha* and sandy beaches (Figs 8 and 9). During the archaeological occupation of the site, several species of the lagoon (*Marcia marmorata, Marcia opima, Meretrix* sp.1, *Amiantis umbonella*) and of the mangrove (*Terebralia palustris, Saccostrea cucculata*) were discovered. The present *sebkha* could therefore indicate the location of the lagoon that was active from the sixth to the fifth millennium BC. The mangrove was probably positioned on the periphery of this lagoon (Lezine *et al.* 2002), at the limit of the supralittoral level. Because sea level is too low at the present day to allow the establishment of a lagoon, the sea level during the sixth millennium BC had to be at maximum height (Sanlaville, 1998) to allow enough water supply for the survival of shell species affiliated to this biotope.

Conclusion

The study of the shell material of SWY1 has demonstrated variations in species composition. These can be explained by human choices (phase 2) or by environmental variations (the presence of a mangrove in phase 4). Species collected during the occupation of the site indicate a very different environment from the one that exists at the present time. This difference can be explained by an elevated sea level during the sixth millennium BC that resulted in the appearance of a lagoon and in the development of a mangrove. The lagoon and the mangrove were exploited during the whole sequence. These two biotopes seem to have been very attractive for the inhabiting population that exploited the numerous marine mollusc species living in these biotopes.

Acknowledgements

I would like to thank Dr. Ali bin Bakhit al Shanfari, Director of Antiquities in the Oman Ministry of Culture and Heritage, who authorized me to undertake this study, as well as the team of the Joint Hadd Project and more particularly Serge Cleuziou and Vincent Charpentier. Thanks also to Jean-Denis Vigne, Pierre Lozouet, Jean-Claude Plaziat, Philippe Marquis, Eric Pellé, Nathalie Serrand and Marie Balasse for their assistance and advice.

Bibliography

Bosch, D. T., Dance, S. P., Moolenbeek, R. G. and Oliver, P. G. (1995) *Seashells of Eastern Arabia.* London, Motivate Publishing.

Charpentier, V., Angelucci, D. E., Méry, S. , and Saliège, J. -F. (2000) Autour de la Mangrove Morte de Suwayh, L'habitat VIe-Ve millénaire de Suwayh SWY-11, Sultanat d'Oman. *Proceedings of the Seminar for Arabian Studies* 30, 69–85.

Claassen, C. (1998) *Shells*. Cambridge, Cambridge University Press.

Lezine, A. -M., Saliège, J. -F., Mathieu, R., Tagliatela, T. -L., Méry S., Charpentier, V. and Cleuziou, S. (2002) Mangrove of Oman during the Late Holocene: Climatic Implications and Impact on Human Settlements. *Vegetation History and Palaeobotany* 11, 221–232.

Oliver, G. (1992) *Bivalved Seashells of the Red Sea.* Cardiff, National Museum of Wales.

Plaziat, J. -C. (1984) Mollusk Distribution in the Mangal. In *Hydrobiology of the Mangal*, (eds.) F. D. Por and I. Dor, 111–143, La Hague.

Plaziat, J. -C. (1995) Modern and Fossil Mangroves and Mangals: Their Climatic and Biogeographic Variability. In D. W. J. Bosence and P. A. Allison (eds), *Marine Palaeoenvironmental Analysis from Fossils*, 73–96. Geological Society Special Publication 83.

Sanlaville, P. (1998) Les changements dans l'environnement au Moyen-Orient de 20 000 BP à 6 000 BP. *Paléorient* 23, 249–262.

Cloé Martin
ESA 8045
Archéozoologie et Histoire des Sociétés
Laboratoire d'Anatomie Comparée
MNHN
55 rue Buffon
75005 Paris
France
E-mail: chloem@mnhm.fr

14 Compte rendu de colloque :

Martin, C. (2004). La consommation de mollusques marins sur les sites de Suwayh 1 et Ra's al-Jinz 2 (Néolithique, Âge du Bronze, Sultanat d'Oman). Petits animaux et sociétés humaines : du complément alimentaire aux ressources utilitaires. J.-P. Brugal et J. Desse. Antibes, APDCA. **Actes des XXIVèmes Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes:** 47-59.

PETITS ANIMAUX ET SOCIÉTÉS HUMAINES. DU COMPLÉMENT ALIMENTAIRE AUX RESSOURCES UTILITAIRES
XXIVe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes
Sous la direction de J.-P. Brugal et J. Desse
Éditions APDCA, Antibes, 2004

La consommation de mollusques marins sur les sites de Suwayh 1 et Ra's al-Jinz 2 (Néolithique, âge du Bronze, sultanat d'Oman)

Chloé MARTIN*

Résumé
Au sultanat d'Oman, les sites ont la particularité d'être composés en grande partie de restes de coquillages marins ayant été consommés par les populations. Les sites de Suwayh 1 et Ra's al-Jinz 2 ont été occupés respectivement pendant le Néolithique et l'âge du Bronze ; ils mettent en évidence deux types de collecte. Pendant le Néolithique (Suwayh 1), la collecte est importante et de type opportuniste avec un grand nombre d'espèces ramassées. À l'âge du Bronze (Ra's al-Jinz 2), elle est ciblée sur certaines espèces (phase 2), voire spécialisée (phase 3) dans la collecte de coquillages dont le poids de chair est important ; néanmoins cette consommation semble plutôt de type secondaire ou occasionnel.

Abstract
In the Sultanate of Oman, excavations are characterized by many shells remains which been consumed by the populations. Suwayh 1 and Ra's al-Jinz 2 were occupied respectively during the Neolithic and the Bronze Age. During the Neolithic (Suwayh 1) the harvesting is important and opportunist. During the Bronze Age, (Ra's al-Jinz 2) the collection is targeted (phase 2) maybe specialized (phase 3) in the harvesting of big shells ; nevertheless this consumption seems rather secondary or occasional.

* Muséum national d'histoire naturelle, département écologie et gestion de la biodiversité, USM 303/UMR 5197, archéozoologie, histoire des sociétés humaines et des peuplements animaux, case postale 55, 55, rue Buffon, 75231 Paris cedex 05, France. <chloem@mnhn.fr>

Le sultanat d'Oman comprend de nombreux sites archéologiques répartis le long de la côte (fig. 1) et correspondant à une période d'occupation entre le VI[e] millénaire (Néolithique) et l'âge du Bronze (Cleuziou, Tosi, 2000). Tous ces sites ont comme point commun un grand nombre de restes malacologiques[1] ayant trait aussi bien à des restes de consommations qu'à des rejets de manufacture d'objets et de parure (Charpentier, 1991, 1994). Dans le cadre de cette étude, seuls les restes d'origine alimentaire ont été étudiés, lesquels sont reconnaissables par leurs fractures caractéristiques (au-dessus du dernier tour pour les gastéropodes et sur le bord postérieur de certains bivalves). Les deux sites présentés ici sont très différents ; l'un est localisé à proximité d'une zone sableuse (Suwayh 1), l'autre à proximité de falaises rocheuses (Ra's al-Jinz 2).

Présentation des sites

Suwayh 1

Ce site est un amas coquillier datant du Néolithique. Il comprend une stratigraphie très complète sur un peu plus d'un millénaire. Deux campagnes de fouilles se sont succédé entre 2000 et 2001, dirigées par Vincent Charpentier et Philippe Marquis dans le cadre du Joint Hadd Project.

Le site est actuellement localisé à proximité de la mer, à environ 200 m de la plage et encadré par une sebkha[2] dans une zone très désertique. La position du site et la structuration des habitats laissent supposer un site de type saisonnier, avec de courtes périodes d'abandon.

Un grand nombre de restes malacologiques se répartissent sur 28 niveaux archéologiques entre 5500 et 4200 BC environ. Les restes étudiés proviennent d'un sondage de 4 m^2 sur 2 m de profondeur effectué dans la partie la plus épaisse du site. Au total, 27 671 restes ont été identifiés pour un NMI de fréquence de 16 935 individus représentant une centaine d'espèces. À ces restes, il faut ajouter les huîtres qui n'ont pas été comptées mais pesées.

Ra's al-Jinz 2

Ce site a été fouillé dans le cadre du Joint Hadd Project dirigé par Serge Cleuziou et Maurizio Tosi entre 1985 et 1999, au cours de 12 campagnes de 2 mois environ. Il a surtout été occupé pendant l'âge du Bronze entre 2500 et 2000 BC avec à sa base une occupation du IV[e] millénaire. Ra's al-Jinz 2 est positionné à proximité d'une terrasse marine de 34 m de haut qui encadre le site. Il comprend deux grands complexes de bâtiments : le complexe sud et le

1. Toutes les identifications effectuées pour ce travail ont été faites à partir d'ouvrages spécialisés (Bosch *et al.*, 1995 ; Oliver, 1992) et avec l'aide de Pierre Lozouet du Laboratoire de biologie des invertébrés marins (Muséum national d'histoire naturelle).

2. Les sebkhas sont des dépressions plus ou moins vastes au fond de laquelle se sont entassés des sédiments. Elles sont donc susceptibles d'indiquer la présence d'une lagune.

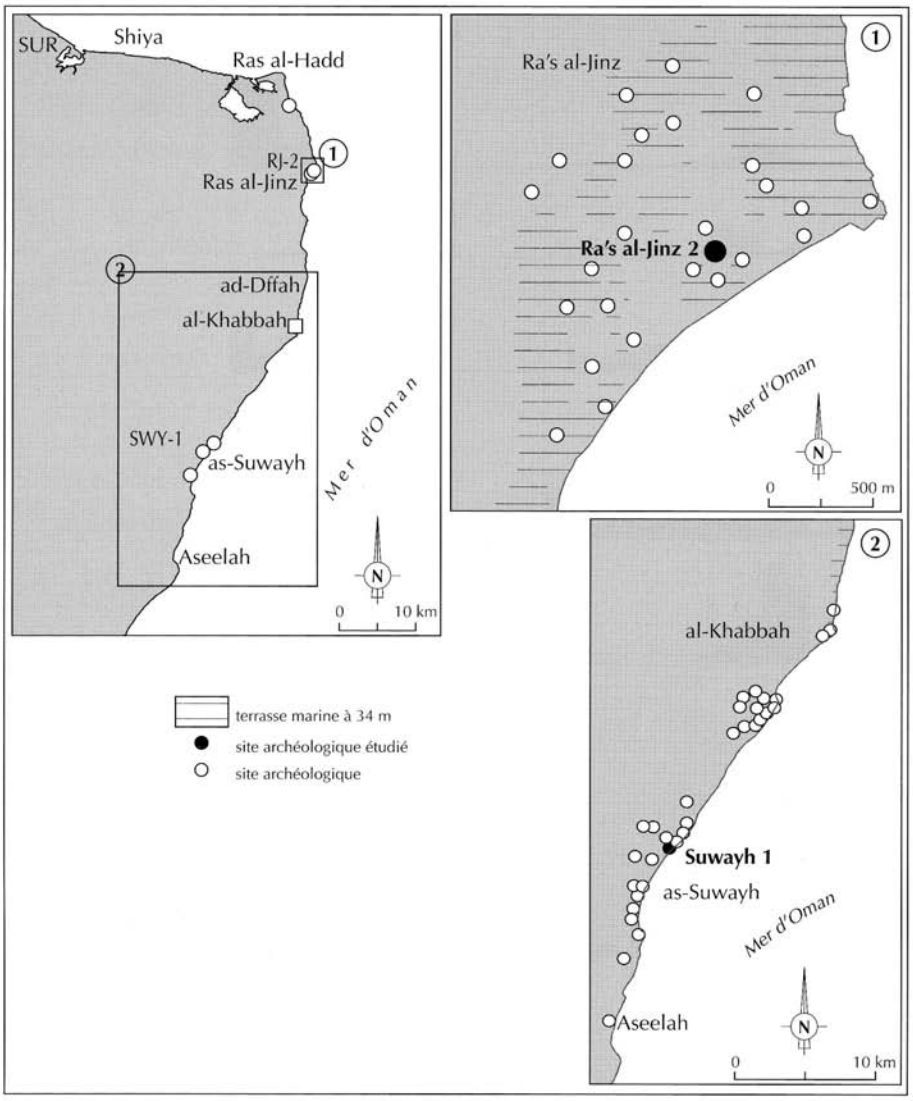


Fig. 1. *Position des sites archéologiques le long de la côte du Ja'alan.*

complexe nord. Les coquillages à l'intérieur de ces bâtiments ayant la plupart du temps été utilisés pour la fabrication d'objets, nous avons choisi d'étudier le matériel provenant de la zone centrale du site (entre les deux complexes) qui semble correspondre à une zone de rejet de consommation (Cleuziou, Tosi, 2000).

Le nombre de restes de coquilles est beaucoup moins important que pour Suwayh 1 : on dénombre 8 597 restes représentant 40 espèces pour 11 niveaux archéologiques.

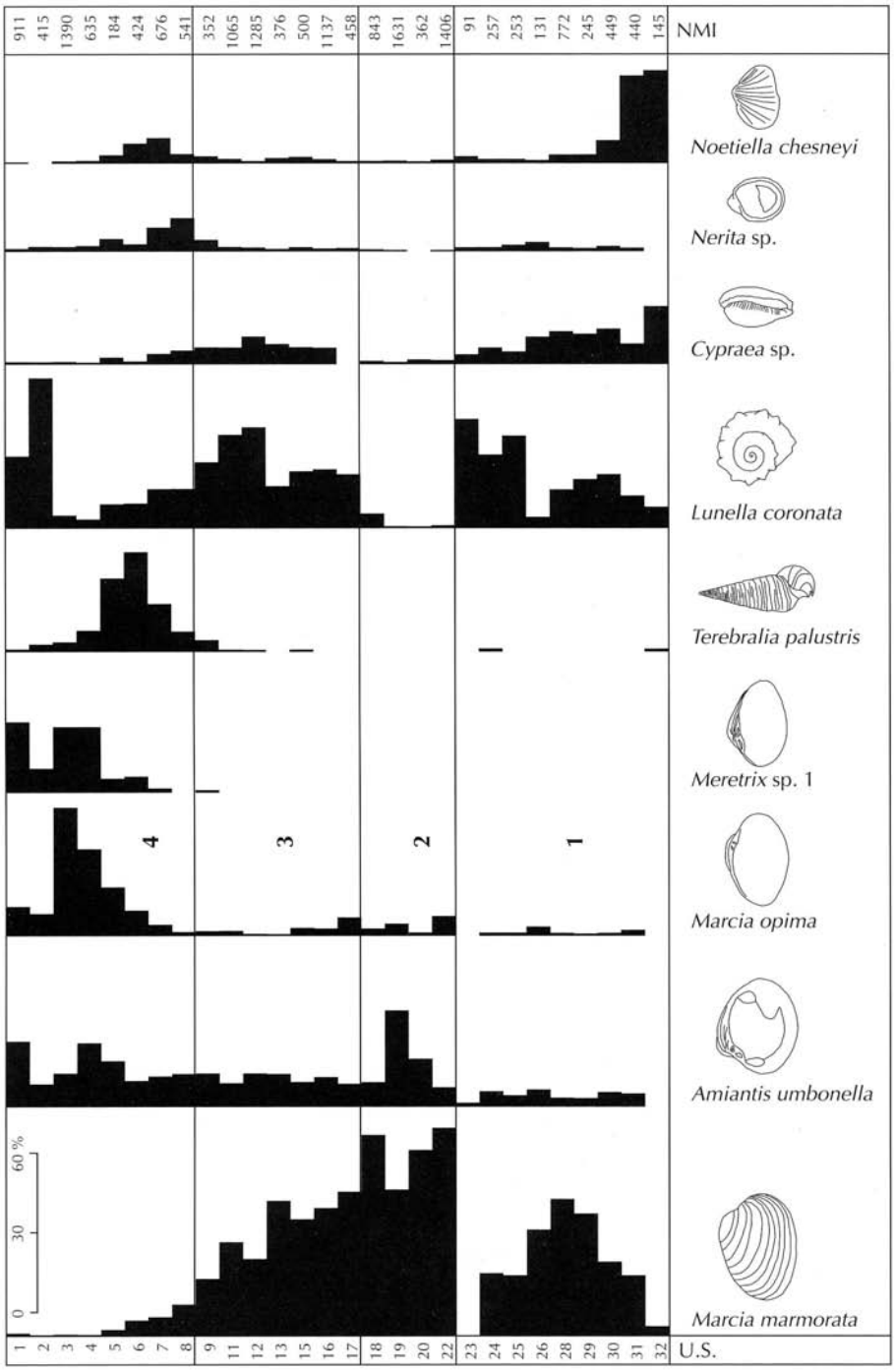


Fig. 2. *Diagramme malacologique de Suwayh 1 (espèces principales). Pourcentage effectué à partir du NMI par niveau archéologique.*

Résultats

Suwayh 1

Les résultats obtenus pour ce site sont présentés sous la forme d'un diagramme malacologique (fig. 2) illustrant le pourcentage des espèces principales par niveau archéologique. Ces espèces indiquent la présence de trois différents milieux. Le milieu lagunaire comprend quatre espèces de bivalves (*Marcia marmorata, Amiantis umbonella, Marcia opima* et *Meretrix* sp. 1[3]). Quatre espèces représentent le milieu rocheux (*Lunella coronata, Cypraea* sp., *Nerita* sp. et *Noetiella chesneyi*). Seule une espèce (*Terebralia palustris*) correspond au milieu de type mangrove. Les huîtres (*Ostrea* sp.) sont un cas particulier ; elles peuvent appartenir aussi bien au milieu rocheux qu'à la mangrove, fixées sur les pneumatophores[4] des palétuviers. Afin de mieux comprendre l'évolution de la collecte pendant toute la séquence chronologique, une division en 4 phases a été effectuée.

Phase 1

Cette phase comprend de nombreuses espèces provenant d'un milieu de type lagune (*Marcia marmorata, Amiantis umbonella*). On trouve aussi des espèces du milieu rocheux telles que *Lunella coronata* (petit gastéropode de la famille des Turbinidae), *Cypraea* sp. et un bivalve (*Noetiella chesneyi*). Pendant cette phase, la collecte est ciblée sur deux milieux principaux : le milieu lagunaire et le milieu rocheux.

Phase 2

Durant cette phase, les principales espèces que sont *Marcia marmorata, Amiantis umbonella* et *Marcia opima* proviennent uniquement du milieu lagunaire. Cette collecte ciblée sur le milieu lagunaire pourrait correspondre à une surexploitation du milieu rocheux, et donc à une diminution des espèces collectées pendant la phase 1, ou bien au choix délibéré de ces populations de privilégier la lagune. Ces deux possibilités sont envisageables ; il est actuellement impossible de répondre à cette question.

Phase 3

La phase 3 est assez comparable à la phase 1, car on retrouve les mêmes espèces du milieu lagunaire (*Amiantis umbonella* et *Marcia marmorata*) et du milieu rocheux (*Lunella coronata* et *Cypraea* sp.) avec néanmoins une différence puisque *Noetiella chesneyi* n'est plus présent dans le spectre de faune.

Les deux milieux principaux que sont la lagune et le milieu rocheux sont de nouveau représentés.

---

3. *Meretrix* sp.1 est probablement une nouvelle espèce qui fera prochainement l'objet d'un article descriptif.

4. Partie aérienne de la racine.

	Phase 1									Phase 2				
***Ostrea* sp.**	**32**	**31**	**30**	**29**	**28**	**26**	**25**	**24**	**23**	**22**	**20**	**19**	**18**	**17**
poids en g	0	344	452	186	567	121	149	273	0	21	25	108	80	57

	Phase 3							Phase 4							
***Ostrea* sp.**	**17**	**16**	**15**	**13**	**12**	**11**	**9**	**8**	**7**	**6**	**5**	**4**	**3**	**2**	**1**
poids en g	57	300	285	374	201	331	430	2934	2422	259	51	47	466	0	349

Fig. 3. *Poids des fragments d'*Ostrea *sp. (huîtres) par niveau archéologique et par phase.*

Phase 4

De nombreux changements se font sentir pendant la phase 4. Le milieu lagunaire est toujours représenté mais avec des espèces différentes ; en effet *Marcia marmorata* disparaît et semble être remplacée par deux autres espèces, *Marcia opima* et *Meretrix* sp. 1.

Ce changement d'espèces représentant la lagune pourrait s'expliquer par des variations d'ordre écologique. La lagune est un milieu qui peut facilement changer de conditions écologiques lorsque l'apport d'eau douce est important (forte mousson) ou bien lorsque la mer avance à l'intérieur des terres (forte marée) (Plaziat, 1995). Ce changement écologique est confirmé par l'apparition et le développement d'une mangrove (Lézine *et al.*, 2002) représentée par l'espèce *Terebralia palustris*. Cette apparition de la mangrove s'accompagne de l'augmentation de fragments d'huîtres (fig. 3), confirmée par une empreinte de racine de palétuvier sur une des valves (Plaziat, 1984).

Le milieu rocheux est toujours représenté par *Lunella coronata*, *Cypraea* sp., *Nerita* sp. et *Noetiella chesneyi* qui réapparaît dans cette phase.

Cette phase se caractérise donc par l'apparition d'un nouveau milieu, la mangrove, accompagnée de la lagune et du milieu rocheux.

À partir de la malacofaune marine, il a été possible de mettre en évidence la présence de 3 types de milieux :

– la lagune probablement localisée à l'emplacement actuel de la sebkha à proximité du site,

– le milieu rocheux localisé à proximité du site et accessible pendant les marées basses,

– la mangrove positionnée dans la lagune.

À Suwayh 1, la collecte des mollusques marins semble intensive entre le VI^{e} et le V^{e} millénaire BC. Les restes coquilliers sont présents tout au long de la séquence dans des quantités très importantes. Cette collecte était probablement opportuniste avec une exploitation de l'environnement à proximité du site. Les variations de collectes qui sont visibles à travers la séquence chronologique semblent correspondre avec des variations environnementales (Sanlaville, 1998).

Période du site		I	II					III				
US		6021	6020	6022	6019	6016	6018	6013	6007	6006	6003	6001
Perna picta	NR	323	1083	388	614	643	529	563	717	506	719	1187
	%	50,2	85,8	92,8	91	87,1	93	92,1	89,1	78,8	88	83,9
total % phases		50,2	90					86,4				

Fig. 4. *Nombres de restes de* Perna picta *(moule) par niveau archéologique et par phase.*

Ra's al-Jinz 2

Le matériel malacologique de ce site est composé essentiellement de fragments de moules (ici *Perna picta*) ; cette espèce représente 88 % du NR (« nombre de restes ») total (fig. 4). Ce matériel étant extrêmement fragmenté et mal conservé, le décompte a donc été effectué uniquement sur les parties de la coquille comportant la charnière ; il n'a pas été possible de latéraliser les valves. *Perna picta* est la principale espèce collectée sur le site. Cette moule vit au sein de l'étage intertidal dans la zone rocheuse exposée aux vagues. Elle vit généralement en bancs très serrés, fortement fixée sur les rochers grâce à son byssus. Sa collecte est assez aisée surtout lors des marées basses, lorsque les rochers émergent de l'eau.

La collecte de l'homme devait donc s'effectuer en milieu rocheux rendu plus accessible lors des marées basses. À proximité du site, ce milieu est bien représenté puisque la terrasse marine qui le borde offre une zone particulièrement favorable au développement des espèces de coquillages de milieu rocheux. Parmi les moules, on trouve aussi d'autres espèces, notamment des gastéropodes et des crustacés (*Balanus* sp.). Ces espèces secondaires se retrouvent au sein du spectre malacologique du site. On dénombre ainsi 40 espèces dites secondaires représentant 12 % du NR.

Le diagramme (fig. 5) représente le pourcentage d'espèces autres que *Perna picta* par niveau archéologique. L'espèce *Balanus* sp. de la classe des Crustacés a été intégrée à ce diagramme, bien qu'elle n'ait pas été consommée par l'homme, car elle permet d'interpréter certains phénomènes d'ordre écologique. En effet, *Balanus* sp. est la proie principale des prédateurs de la sous-famille des Thaidinae (et plus particulièrement *Purpura panama*) ; leur relation s'inscrit donc dans une dynamique de proie-prédateur.

Afin de mieux comprendre les différentes variations visibles sur ce diagramme, une division par phase a été effectuée.

La phase 1 : US 6021

Cette phase comprend une seule unité stratigraphique (US 6021) qui correspond à un niveau du IV^{e} millénaire BC ; il est suivi d'une période d'abandon du site. L'échantillon 6021 comprend 321 restes, et repose sur trois

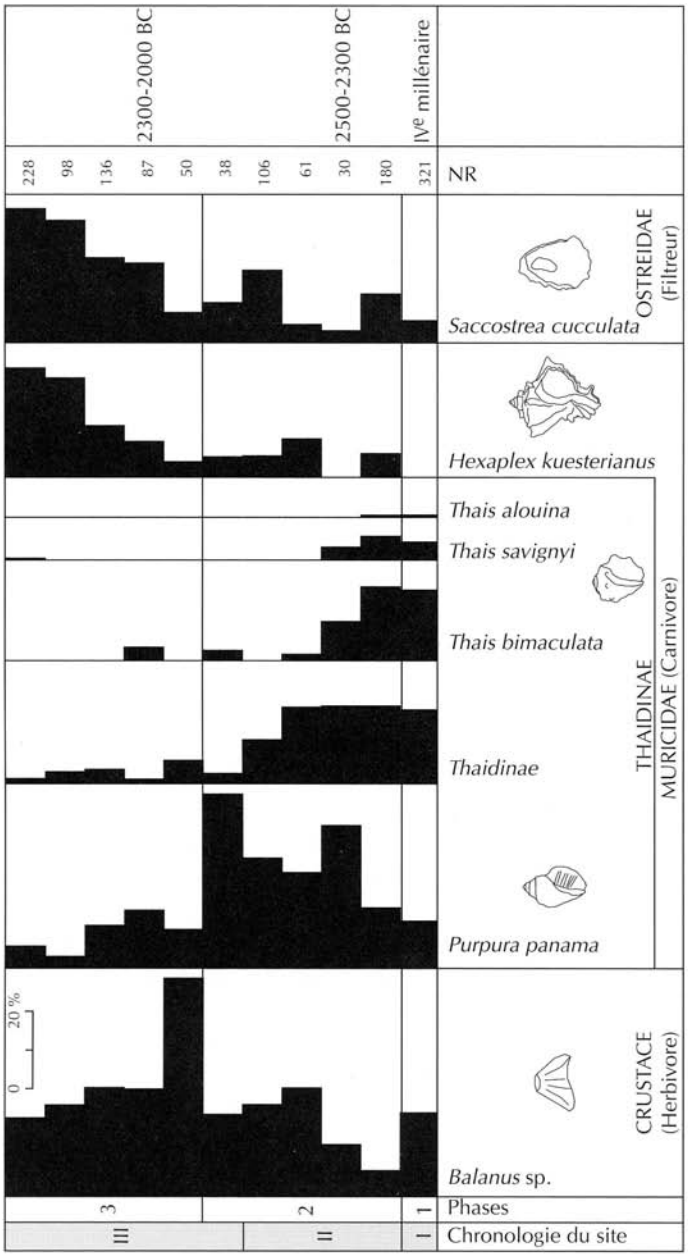


Fig. 5. *Diagramme malacologique de Ra's al-Jinz 2. Pourcentage effectué à partir du NR par niveau archéologique.*

taxons principaux que sont *Balanus* sp. (21,43 %), la sous-famille des Thaidinae[5] (42,36 %) et *Purpura panama* (12,11 %).

La première phase présente une grande diversité spécifique indiquant peut-être une collecte à large spectre, peu ciblée.

La phase 2 : US 6020 à 6018

Cette phase comprend cinq unités stratigraphiques (de la plus ancienne à la plus récente : 6020, 6022, 6019, 6016 (associée à l'US 6065) et 6018).

Elle se distingue donc par une diminution du pourcentage d'espèces de la sous-famille des Thaidinae et par une augmentation progressive des proportions de restes de *Saccostrea cucculata* et *Hexaplex kuesterianus.*

Dans cette phase, la dynamique « proie-prédateur » entre *Balanus* sp. et *Purpura panama* est très marquée et peut expliquer les fluctuations de *Purpura panama.*

Les variations du nombre de restes de *Saccostrea cucculata* et *Hexaplex kuesterianus* peuvent s'expliquer par une collecte occasionnelle de l'homme. Ces espèces auraient alors été collectées pour compenser la diminution des *Thaidinae.*

Cette collecte s'accompagne d'un fort pourcentage (90 % du NR) de restes de *Perna picta.* Pendant la phase 2, le ramassage semble donc avoir été ciblé sur *Perna picta* et dans des quantités beaucoup moins importantes sur les espèces de la famille des Thaidinae avec occasionnellement une collecte d'*Hexaplex kuesterianus* et *Saccostrea cucculata.*

La phase 3 : US 6013 à 6001

La phase 3 comprend 5 US ; l'US 6013 est la plus ancienne suivie de 6007 (associée à 6060), 6006 (associée à 6054), 6045 et la plus récente 6001 (associée à 6064, 6043, 6062).

Cette phase est caractérisée par la diminution des espèces de la sous-famille des *Thaidinae* et de *Balanus* sp. avec une augmentation de *Saccostrea cucculata* et *Hexaplex kuesterianus.*

Pour expliquer ce changement d'espèces, il est possible de proposer deux explications :

– La diminution des espèces de la sous-famille des Thaidinae et de *Purpura panama* précédemment collectées (phase 2) a conduit à une réorientation de la collecte vers d'autres espèces comme *Saccostrea cucculata* et *Hexaplex kuesterianus.*

– Le choix de la collecte s'est orienté vers les espèces les plus « rentables », c'est-à-dire vers celles dont le poids de chair est le plus important[6].

5. La sous-famille des Thaidinae comprend les taxons *Purpura panama, Thais savignyi, Thais bimaculata* et *Thais alouina.*

6. *Hexaplex kuesterianus* et *Saccostrea cucculata* sont des espèces de taille et de poids beaucoup plus importants que les espèces de la sous-famille des Thaidinae.

Ce changement d'espèces s'accompagne d'une légère diminution du nombre de restes de *Perna picta* (86 %), ce qui semble confirmer l'hypothèse d'une collecte plus ciblée sur des taxons de plus grosse taille.

La collecte des coquillages sur le site de Ra's al-Jinz 2 pendant les trois périodes d'occupation étudiées était donc principalement ciblée sur l'espèce *Perna picta*. Cependant, l'étude des espèces secondaires met en évidence des fluctuations entre ces trois périodes.

La phase 1 (IV^{e} millénaire) indique une collecte peu spécialisée, le ramassage étant effectué sur toutes les espèces présentes sur le milieu rocheux.

La phase 2 met en évidence une collecte ciblée sur *Perna picta* avec comme espèces secondaires les Thaidinae.

La phase 3 est caractérisée par une collecte ciblée sur *Perna picta*, *Hexaplex kuesterianus* et *Saccostrea cucculata*, voire spécialisée sur des espèces dont le poids, et donc l'apport en chair, est plus important.

Conclusion

Pour résumer, pendant le Néolithique sur le site de Suwayh 1, la collecte de coquillages représentait une part importante de la consommation. Le mode de ramassage était peu ciblé, de type opportuniste.

Sur le site de Ra's al-Jinz 2, pendant l'âge du Bronze, la collecte semble progressivement se spécialiser vers des espèces dont le gabarit, et donc l'apport en chair, est plus « rentable ». Au même moment, la consommation de mollusques marins est beaucoup moins importante et pourrait correspondre à une consommation occasionnelle. Sur ce site, le niveau le plus ancien (IV^{e} millénaire) semble marquer une période de transition avec un ramassage moins important mais toujours effectué sur un large spectre.

Remerciements

Je remercie le Dr Ali bin Bakhit al Shanfari, directeur des Antiquités au ministère de la Culture et de l'Héritage omanais.

Une attention particulière à toute l'équipe du Joint Hadd Project et plus spécialement à Serge Cleuziou, Maurizio Tosi et Vincent Charpentier. Merci à Jean-Denis Vigne pour ses précieux conseils.

La détermination du matériel malacologique a été réalisée avec l'aide de Pierre Lozouet du Laboratoire de biologie des invertébrés marins (Muséum national d'histoire naturelle).

L'identification des empreintes de pneumatophores de palétuviers a été effectuée avec l'aide de Jean-Claude Plaziat.

Bibliographie

BOSCH D. T., DANCE S. P., MOOLENBEEK R. G., 1995.– *Seashells of Eastern Arabia*, London, Motivate publishing, 296 p.

CHARPENTIER V., 1991.– La fouille du campement préhistorique de Ra's al-Junayz 37, (RJ37) sultanat d'Oman, *Paléorient*, 17, p. 127-141.

CHARPENTIER V., 1994.– A specialized production at regional scale in Bronze Age Arabia : shell rings from Ra's al-Junayz area (sultanate of Oman), *in* : K. Koskemienni, A. Parpola (eds), *South Asian Archaeology 1993*, Helsinki, p. 157-170.

CLEUZIOU S., TOSI M., 2000.– Ra's al-Jinz and the Prehistoric Coastal Cultures of the Ja'alan, *Journal of Oman Studies*, 11, p. 19-73.

LÉZINE A.-M., SALIÈGE J.-F., MATHIEU R., TAGLIATELA T.-L., MÉRY S., CHARPENTIER V., CLEUZIOU S., 2002.– Mangrove of Oman during the Late Holocene : Climatic Implications and Impact on Human Settlements, *Vegetation history and palaeobotany*, 11, p. 221-232.

OLIVER G., 1992.– *Bivalved Seashells of the Red Sea*, Cardiff, National Museum of Wales, 215 p.

PLAZIAT J.-C., 1984.– Mollusk distribution in the mangal, *in* : F. D. Por, I. Dor (eds), *Hydrobiology of the Mangal*, La Hague, p. 111-143.

PLAZIAT J.-C., 1995.– Modern and fossil mangroves and mangals : their climatic and biogeographic variability, *in* : D. W. J. Bosence, P. A. Allison (eds), *Marine Palaeoenvironmental Analysis from Fossils*, Geological Society Special Publication, p. 73-96.

SANLAVILLE P., 1998.– Les changements dans l'environnement au Moyen-Orient de 20000 BP à 6000 BP, *Paléorient*, 23, p. 249-262.

Les malacofaunes marines archéologiques du Ja'alan (Sultanat d'Oman) : un indicateur des modes de vie des populations dans leur environnement du Néolithique à l'Âge du Bronze

Entre le Néolithique et l'Âge du Bronze, les sites côtiers de la région du Ja'alan au Sultanat d'Oman, témoignent d'une consommation importante de mollusques marins. À partir de l'étude des restes coquilliers des sites archéologiques de Suwayh 1 (SWY 1) et 3, Ra's al-Khabbah, Ra's al-Jinz 1 et 2 et de Ra's al-Hadd 6, nous avons mis en évidence des stratégies de collecte opportunistes au début du Néolithique. Ces stratégies se spécialisent progressivement à l'Âge du Bronze en ciblant soit des gros coquillages, soit un milieu, voire une à plusieurs espèces.

Le site de SWY 1 a été étudié exhaustivement. La collecte y étant opportuniste, elle reflète un environnement de lagune, de mangrove et de zone rocheuse. Les espèces collectées révèlent un milieu lagunaire dès le milieu du 5e millénaire BC et la présence d'une mangrove vers 4500 BC, confirmant les observations palynologiques. Les variations des différents milieux de collecte semblent coïncider avec les données paléoclimatiques et paléoenvironnementales, avec la présence d'un pic des précipitations de pluies de moussons d'été au début de l'optimum holocène entre 7600 et 5500 BC. Les données biométriques de l'espèce *Lunella coronata* indiquent une possible surexploitation de ce mollusque par l'homme à la fin de l'occupation du site. De plus, à partir de l'analyse sclérochronologique de cette même espèce, on observe une collecte saisonnière probablement pendant les mois d'hiver.

L'analyse des malacofaunes marines de la région du Ja'alan indique donc un mode de vie essentiellement lié aux ressources marines. La présence d'une mousson importante, et donc d'un upwelling très fort en été, a probablement contraint les populations à la mobilité, comme semble l'attester l'étude sclérochronologique de l'espèce *Lunella coronata*.

Mots-clés : Malacologie - Archéozoologie – Sclérochronologie – Paléoenvironnement – Sultanat d'Oman.

The archaeological shell remains from Ja'alan (Sultanate of Oman): an indicator of the way of life of human populations in their environment during the Neolithic to the Bronze Age

During the Neolithic and Bronze Age, the coastal sites of the region of Ja'alan in the Sultanate of Oman, give evidence of an important consumption of marine molluscs. From the study of shell remains from the archaeological sites of Suwayh 1 (SWY 1) and 3, Ra's al-Khabbah, Ra's al-Jinz 1 and 2 and Ra's al-Hadd 6, I observed opportunist gathering strategies during the Neolithic, while during the Bronze Age there was a gradual specialization on big shells, or focus on a particular environment or even one or a few species.

At SWY 1, which was studied more thoroughly, the gathering strategy is opportunist. Consequently shell material should reflect the environment. Collected species reveal a lagoon environment during of the 5th millennium BC and the presence of a mangrove around 4500 BC, as suggested by pollen analyses. Variations in the different zones of collection seem to correspond with palaeoclimate and palaeoenvironmental data, with a peak of precipitation during the summer monsoons at the beginning of the Holocene optimum between 7600 and 5500 BC. The biometric data of *Lunella coronata* indicate an overexploitation of this mollusc by the human communities at the end of the site occupation period. Moreover, from the sclerochronology study of this species, I observe a seasonal collection, probably during the winter months.

The analysis of shell remains from Ja'alan indicates a way of life essentially linked to the exploitation of marine resources. The presence of an important monsoon and consequently a very strong upwelling in the summer probably forced the populations to mobility, as reflected in the sclerochronological study of the species *Lunella coronata*.

Key words : Malacology – Archaeozoology – Sclerochronology – Palaeoenvironment – Sultanate of Oman.

Discipline : Archéologie – Archéozoologie

Equipe d'accueil : UMR 5197 / USM 303 : Archéozoologie, histoire des sociétés humaines et des peuplements animaux - Muséum national d'Histoire naturelle - Case postale N° 55 - 57 rue Cuvier - F-75231 Paris cedex 05