

Variabilité Chez Le Genre Properisphinctes, Ammonites Oxfordiennes D'Anahidrano, Bassin De Mahajanga

[Variability Of Properisphinctes Genus, Oxfordian Ammonite Of Anahidrano, Mahajanga Basin]

Rahajarisoa Tandrifitiana Eddy¹, Rafalimanana Vokatsoa², Randrianaly Hasina Nirina³, Rakotonimanana Rivoniaina Michel⁴,

^{1,2,3,4}Ecole Doctorale Sciences de la Terre et de l'Evolution, Université d'Antananarivo ; Madagascar

¹tandrifitiana@gmail.com

²mbinimanana@gmail.com

³rhasinanirina@gmail.com

⁴jmriivo@gmail.com

Auteur correspondant : Rahajarisoa Tandrifitiana Eddy. E-mail : tandrifitiana@gmail.com



Résumé— Le genre *Properisphinctes* est un groupe d'ammonite caractéristique de l'Oxfordien inférieur de Madagascar. Il est récemment découvert dans le gisement fossilifère d'Anahidrano, partie Nord du Bassin de Mahajanga. L'objet du présent article met en exergue la variabilité au sein de ce genre. Les analyses qualitatives et quantitatives de 70 spécimens montrent une grande modification des caractères morphologiques et dimensionnels liés à la croissance. Des variations d'ordre spécifiques et environnementales sont détectées au niveau de la forme générale, la largeur de l'ombilic, l'épaisseur des côtes et la forme de section des tours. Ces résultats justifient la valeur biostratigraphique remarquable du genre *Properisphinctes* et du gisement fossilifère d'Anahidrano parmi les biozones d'ammonites du jurassique.

Mots clés— *Properisphinctes* ; Ammonite ; Oxfordien ; Anahidrano ; Bassin de Mahajanga ; Variabilité.

Abstract— The *Properisphinctes* genus is a group of ammonites characteristic of the Lower Oxfordian of Madagascar. It was recently discovered in the fossiliferous Anahidrano deposit, in the northern part of the Mahajanga Basin. The aim of this article is to highlight the variability within this genus. Qualitative and quantitative analyses of 70 specimens show a wide range of morphological and dimensional changes associated with growth. Specific and environmental variations are detected in general shape, umbilicus width, rib thickness and tower cross-sectional shape. These results justify the remarkable biostratigraphic value of the *Properisphinctes* genus and the Anahidrano fossil deposit among Jurassic ammonite biozones.

Keywords— *Properisphinctes* ; Ammonites ; Oxfordian ; Anahidrano ; Mahajanga Basin ; Variability.

I. INTRODUCTION

A Madagascar, l'oxfordien s'affleure avec le callovien en bande continue orientée généralement le long des formations sédimentaires de l'Ouest et du Nord-Ouest. Une partie du terrain de l'oxfordien inférieur est caractérisée par la présence de *Properisphinctes bernensis* associées de *Trimarginites villersensis* [1]. Anahidrano est récemment découvert parmi de nombreux

gisements de macrofossile d'invertébrés du Bassin de Mahajanga où abritent ces deux espèces d'ammonites [2], [3], [4], [5]. Ce présent article se focalise sur les spécimens de *Properisphinctes* de ce gisement.

Les espèces à l'intérieur de ce genre ne sont pas bien définies. Leur histoire reste hypothétique et leurs valeurs biostratigraphiques restent imprécises. Cependant, le genre *Properisphinctes* est utile pour la biozonation de l'oxfordien. Le but de cet article consiste à publier les résultats de travail de recherche sur variabilité chez le genre *Properisphinctes*, ammonites oxfordiennes du gisement d'Anahidrano, Bassin de Mahajanga. Les objectifs spécifiques comportent les connaissances sur les éventuelles modifications morphologiques au cours de la croissance et les multitudes de variations d'ordre spécifique et environnementale.

II. METHODOLOGIE

II.1 Matériels

Les matériels d'études utilisés sont constitués de 70 spécimens de *Properisphinctes* (Fig. 1), ammonites provenant du gisement fossilifère d'Anahidrano, collection 2018-2021 par RAHAJARISOA Tandrifitiana Eddy et RAFALIMANANA Vokatsoa. Ils ont la taille comprise entre 6 à 28 millimètres de diamètre ; ce sont des moules internes avec des lignes de sutures visibles, prélevées dans une couche de marne bleuâtre dans une petite colline. Ils sont déposés au laboratoire de Paléontologie, Biostratigraphie, Géotourismes et Géorisques et sont codés suivant la norme scientifique utilisée en paléontologie : ANP01 – ANP70.



Fig.1. Matériels d'étude

Le site de collection est localisé géographiquement dans la latitude 15°01'49.6''Sud et longitude 47°53'24.1''Est (Fig.2). Il se situe à 2 km au Sud du village chef-lieu de la Commune et à 24 km au Sud de la ville d'Antsohihy, Région Sofia, province de Mahajanga.

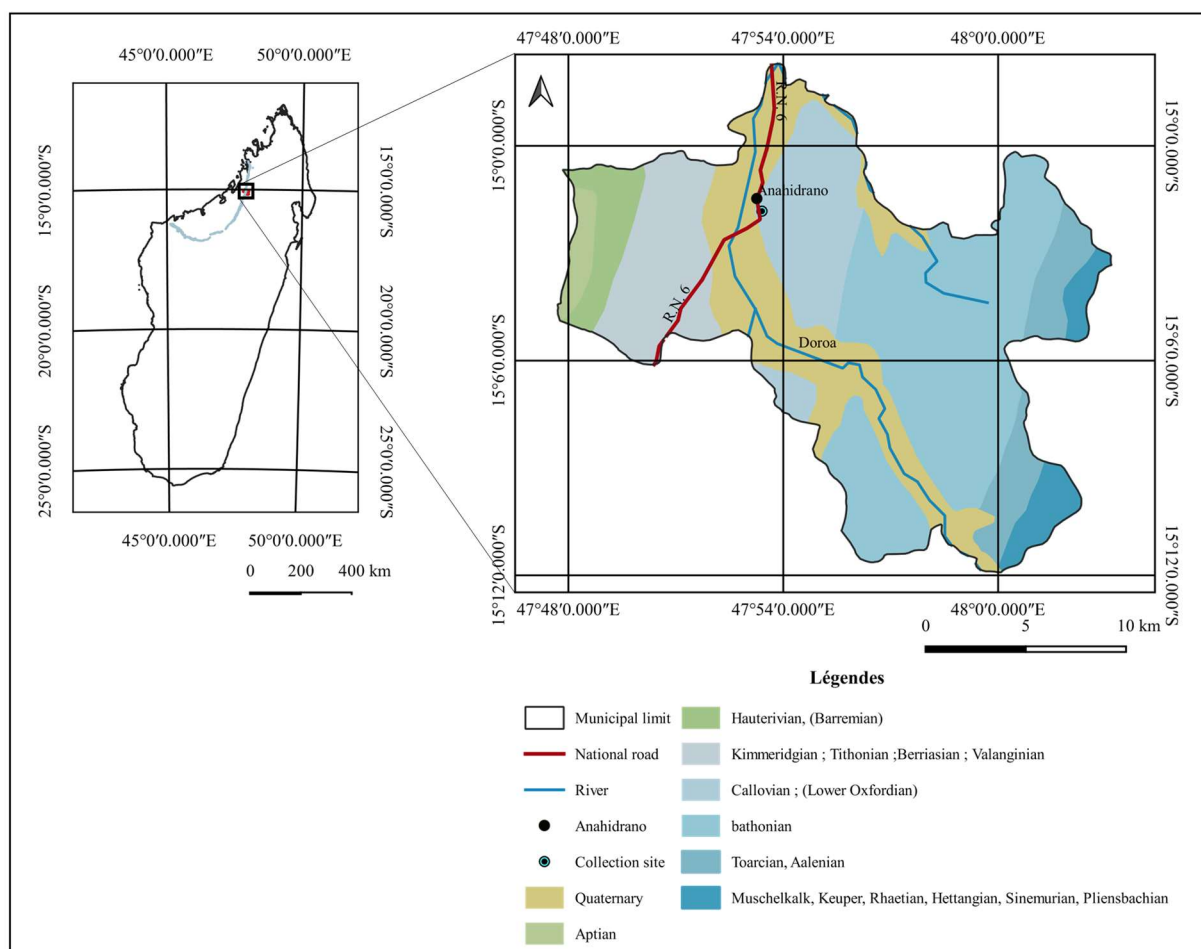


Fig.2. Carte de localisation du site fossilifère d'Anahidrano

II.2 Méthodes

II.2.1 Analyse qualitative

C'est la méthode utilisée pour la description des caractères morphologiques des échantillons. Les observations de chaque élément visible (Fig. 3) sur des moules internes ont permis de dégager leurs caractéristiques.

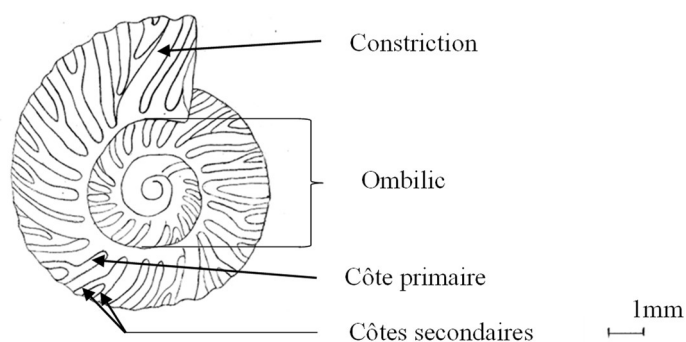


Fig.3. Eléments de la coquille de *Properisphinctes*

Les caractères morphologiques considérés sont : la forme générale et l'enroulement de la coquille, la forme de la section des tours, la grandeur de l'ombilic, l'aspect et les différents types d'ornementations.

II.2.2 Analyse quantitative

Cette méthode correspond à une étude biométrique. Elle consiste à calculer les valeurs des paramètres statistiques obtenues à la mensuration des caractères dimensionnels (Fig.4) D : diamètre maximal de la coquille qui correspond à la taille de l'animal, O : diamètre de l'ombilic sur l'axe de diamètre maximal, E : épaisseur du tour sur le plan de section, H : hauteur du tour sur l'axe de diamètre maximal ; au comptage d'un caractère morphologique quantifiable N/2 : nombre de côtes du dernier demi-tour et aux indices morphologiques H/D : hauteur relative, E/D : épaisseur relative, O/D : ombilic relatif, E/H : section relative [6], [7].

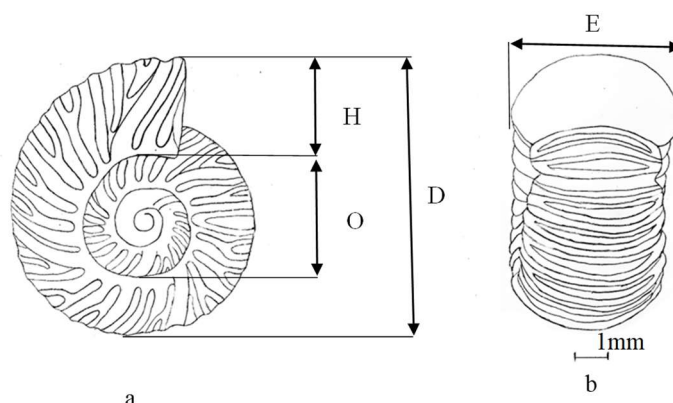


Fig.4. Caractères dimensionnels mesurés (a : vue ombilicale, b : vue orale)

Trois types d'analyses statistiques sont appliqués aux variables :

L'Analyse univariée consiste à calculer les différents paramètres statistiques, tels que : les paramètres de position [la moyenne (M), la médiane (Méd) et les quartiles (Q inf et Q sup)], les paramètres de dispersion [l'étendue (EM), l'intervalle interquartile, l'écart type (ET), la variance (Var), le coefficient de variation (CV)] et le paramètre de forme [le coefficient d'asymétrie (C As), le coefficient d'aplatissement (C Ap)] [8]. Les résultats du calcul sont présentés sous forme de tableau et l'allure générale de la distribution de chaque variable par un histogramme.

L'Analyse bivariée permet de mettre en évidence la présence ou l'absence de corrélation entre des variables et la croissance et aussi de déterminer sa nature. Le paramètre utilisé est le coefficient de corrélation.

Analyse multivariée en utilisant l'analyse en composante principale (A.C.P.). Elle permet de réduire la dimensionnalité des données et d'identifier les principales composantes [9]. Les paramètres à calculer sont les valeurs propres et la contribution des variables sur les composantes.

Tous les calculs et tous les graphes sont réalisés à l'aide des outils numériques.

III. RESULTATS

III.1 Variation des caractères morphologiques

Tous les spécimens de *Properisphinctes* étudiés sont des phragmocônes avec un nombre de tour compris entre 2 et 5. En fonction du diamètre, leurs caractères généraux sont les suivants.

- $\phi \leq 6 \text{ mm}$

Le premier tour est observé dans un individu de 6 mm de diamètre (ANP01) (Fig. 5). Il est limité par une constriction qui est discontinue dans la partie ventrale. Cette coquille a un enroulement semi-involute avec un tour très recouvrant, un ombilic étroit et

une forme de section de tour déprimée. La coquille a une forme légèrement globuleuse (subglaphicône), l'ornementation est constituée par des côtes très fines où elle est absente à l'œil nu. Après la première constriction, les côtes apparaissent progressivement sur les deux flancs avec une épaisseur très faible, ils s'allongent puis se relient dans la partie ventrale.

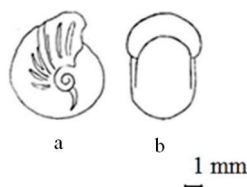


Fig.5. *Properisphinctes* semi-involute (a : vue ombilicale, b : vue orale)

- $6 \text{ mm} < \phi \leq 10 \text{ mm}$

Certaines ont une section surbaissée (ANP02, ANP09, ANP10, ANP15) (Fig. 6a), d'autres ont une section déprimée (Fig. 6b, c, d, e) et il y a aussi celle qui a une section plus ou moins arrondie (ANP11) (Fig. 6f). La section déprimée apparaît sous différentes formes : réniforme (ANP04, ANP13, ANP17) (Fig.6b), la forme elliptique (ANP08, ANP14, ANP16) (Fig. 6d), la forme subquadratique (ANP12) (Fig. 6e) et la forme croissante (ANP03) (Fig. 6c).

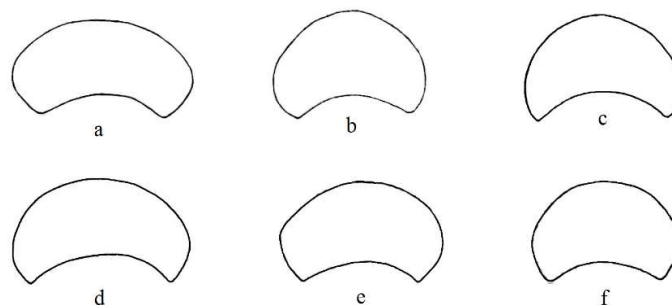


Fig.6. Différents types de section du tour chez *Properisphinctes* d'Anahidrano

Trois formes de coquille apparaissent : la forme paragicône (ANP03, ANP04), la forme métalicône (ANP02, ANP07, ANP09, ANP10, ANP12, ANP16) et la forme cabricône qui n'apparaît que dans un seul individu (ANP15).

Les côtes sont généralement proverses, bifurquées, arrondies, fines et approximées. Elles sont parfois droites, concaves ou plus ou moins flexueuses. Il y a une différence remarquable entre les individus de même taille. Il y a des spécimens à côtes plus fines, plus faibles et plus serrés que les autres (ANP03, ANP04, ANP08, ANP11, ANP13).

- $10 \text{ mm} < \phi \leq 15 \text{ mm}$

Il y a trois types d'ombilic : ombilic moins large : $O/D \approx 0,40$ (ANP22, ANP27, ANP47) ; ombilic large ($O/D \geq 0,44$) et aplati (ANP21, ANP24, ANP25, ANP28, ANP29, ANP31, ANP32, ANP33, ANP34, ANP35, ANP36, ANP37, ANP39, ANP40, ANP42, ANP43, ANP44, ANP46, ANP48, ANP50, ANP52, ANP56) ; ombilic large et peu profond (ANP18, ANP19, ANP23, ANP26, ANP30, ANP38, ANP41, ANP42, ANP45, ANP51, ANP55, ANP57) et un spécimen a un ombilic large et assez profond (ANP20).

Les tours se présentent sous différentes formes : surbaissée (ANP41), déprimée (elliptique : ANP18, ANP21, ANP22, ANP24, subquadratique : ANP19, ANP30, réniforme, subcirculaire).

Les coquilles sont généralement métalicônes (ANP18, ANP20, ANP26, ANP32) et subophiocônes (ANP19, ANP21, ANP24, ANP27, ANP28, ANP29, ANP30, ANP33, ANP35, ANP36, ANP37, ANP38, ANP39, ANP43, ANP45, ANP47, ANP48, ANP50, ANP53, ANP57) mais il y a aussi quelques individus subdactilicônes (ANP31, ANP51), un individu cabricône (ANP40) et un individu paragicône (ANP22).

Les côtes sont proverses, bifurquées, arrondies comme la précédente mais elles s'épaississent, s'écartent et la différence est toujours présente.

- $15\text{mm} < \phi \leq 20\text{mm}$

L'ombilic se présente à l'état large mais la différence de profondeur existe encore : il y a des ombilics aplatis (ANP54, ANP61, ANP64, ANP67, ANP68, ANP69) et des ombilics peu profonds (ANP49, ANP58, ANP59, ANP60, ANP62, ANP65, ANP66).

La section du tour est plus ou moins identique à la précédente mais il y a une coquille qui a un tour plus arrondi (ANP61).

Les formes de la coquille sont subdactilicônes (ANP54, ANP55, ANP62, ANP63, ANP64, ANP65, ANP67, ANP68) et subophiocônes (ANP58, ANP60) et un seul individu a une forme ophiocône (ANP61).

Les côtes sont plus épaisses que les précédentes et la différence observée est encore présente.

- $20\text{mm} < \phi$

Le dernier tour a été ruiné. Il ne permet pas d'observer la section du tour.

L'ombilic est très large où les tours sont très peu recouvrant. Les côtes sont toujours proverses mais le degré de la proversité s'affaiblit. Ses épaisseurs et ses espacements augmentent.

III.2 Résultats biométriques

III.2.1 Analyse univariée

Parmi les 70, seules 66 spécimens ont été traités pour le diamètre, l'ombilic et la hauteur, 54 pour les épaisseurs et 43 pour le nombre de côtes. Les restes sont fragmentaires.

TABLEAU I. PARAMETRES STATISTIQUES DES CARACTERES DIMENSIONNELS ET DES INDICES CHEZ LES *PROPERISPHINCTES* D'ANAHIDRANO

	D	O	H	E	O/D	H/D	E/D	E/H	NC/2
Nb	66	66	66	64	66	66	64	64	52
Min	6,146	1,423	2,820	3,993	0,232	0,259	0,343	1,171	12,000
Max	26,784	12,867	7,612	9,200	0,546	0,510	0,703	1,885	19,000
M	12,636	5,949	3,941	5,802	0,462	0,319	0,473	1,485	15,269
Var	12,700	4,215	0,755	1,103	0,002	0,002	0,005	0,026	2,867
ET	3,564	2,053	0,869	1,050	0,048	0,039	0,072	0,162	1,693
Méd	12,281	5,873	3,873	5,621	0,469	0,315	0,459	1,466	15,000
Q inf	9,814	4,475	3,260	5,087	0,441	0,292	0,423	1,370	14,000
Q sup	14,936	7,182	4,348	6,490	0,494	0,333	0,511	1,573	16,000
CAs	1,141	0,755	1,493	0,788	-1,807	2,035	0,899	0,576	0,415
C_{Ap}	3,070	1,521	4,019	0,803	6,984	7,876	1,236	0,042	-0,278
CV	28,202	34,509	22,054	18,102	10,414	12,206	15,192	10,891	11,009
EM	2,673	1,574	0,634	0,815	0,034	0,028	0,055	0,124	1,337

L'étendue de variation des variables dimensionnelles est très faible : 2,6 cm pour D, 1,5 cm pour O, 6 mm pour H et 0,8 mm pour E. Cela entraîne une forte concentration des valeurs.

50 % des échantillons ont une taille comprise entre 9,814 et 14,936mm. Des étendues interquartiles, écarts-moyens et coefficients de variation montrent une moindre dispersion autour de la moyenne.

Les coefficients d'asymétrie sont tous positifs sauf aux indices O/D et E/H. Cela indique que la distribution de toutes les variables est dissymétrique à droite (oblique à gauche). C'est-à-dire, l'individu de grande taille est moins nombreux.

Le coefficient d'aplatissement positif est plus élevé dans les trois premières variables (O, D, H), indique une distribution leptocurtique tandis que le kurtosis négatif et faible pour l'épaisseur du tour indique une distribution légèrement platycurtique. La population est composée par des individus au stade différent, riche en individus jeunes.

L'allure générale de la distribution des variables est illustrée par des histogrammes de fréquence (fig. 7).

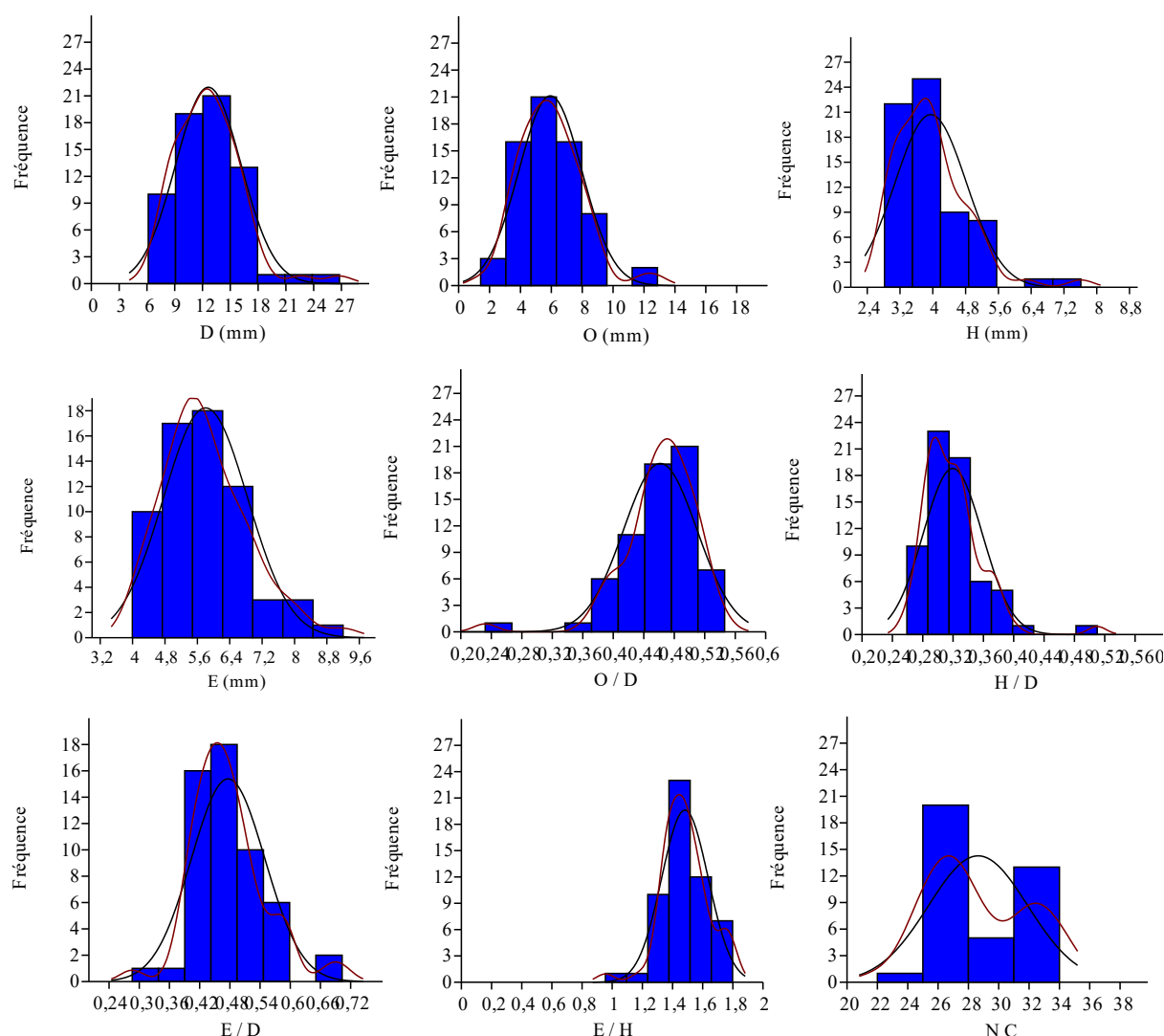


Fig.7. Histogrammes de fréquence des caractères dimensionnels et des indices

Les valeurs du diamètre maximal et du diamètre ombilical sont normalement distribuées. La distribution de l'ombilic relatif et de la hauteur relative est inverse. En général, la distribution des variables est ajustable aux courbes normales.

III.2.2 Analyse bivariée

TABLEAU II. MATRICE DE CORRELATION DES VARIABLES

	D	O	H	E	O/D	H/D	E/D	E/H	NC/2
D	1,000								
O	0,984**	1,000							
H	0,950**	0,890**	1,000						
E	0,891**	0,883**	0,852**	1,000					
O/D	0,636*	0,748**	0,417	0,586*	1,000				
H/D	-0,644*	-0,733**	-0,398	-0,558*	-0,938**	1,000			
E/D	-0,762**	-0,768**	-0,672*	-0,442	-0,669*	0,719**	1,000		
E/H	-0,339	-0,246	-0,492	0,020	0,126	-0,123	0,597*	1,000	
NC/2	0,653*	0,653*	0,546*	0,403	0,503*	-0,574*	-0,705**	-0,356	1,000

** : corrélation hautement significative ($|r| \geq 0,7$) ; * : corrélation significative ($0,7 \geq |r| \geq 0,5$)

Le diamètre ombilical, la hauteur du tour, l'épaisseur du tour, l'ombilic relatif et l'épaisseur relative ont une corrélation hautement significative avec le diamètre ($|r| \geq 0,7$). Cela suggère une croissance isométrique où ses croissances sont maintenu tout en augmentant en taille. Ces caractères sont fortement corrélés positivement sauf l'épaisseur relative, c'est-à-dire, ses proportions sont gardées.

La Hauteur relative et l'épaisseur relative sont négativement corrélées avec le diamètre, ce qui suggère un aplatissement progressif de la coquille et une modification de la section du tour au cours de la croissance.

Le coefficient très faible de la section relative indique qu'elle est un peu indépendante de l'ontogénie.

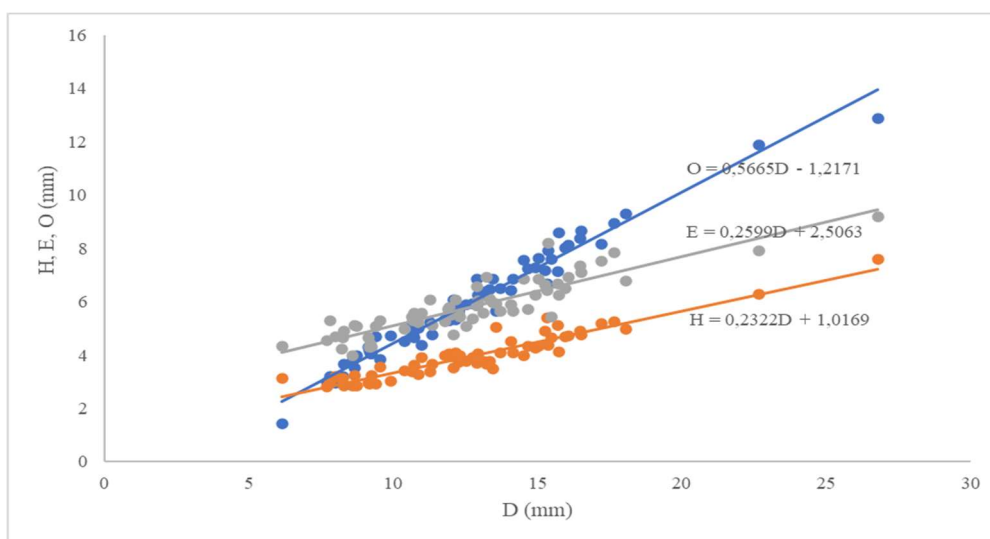


Fig.8. Diagramme de dispersion de la hauteur, de l'épaisseur et de l'ombilic en fonction du diamètre maximal

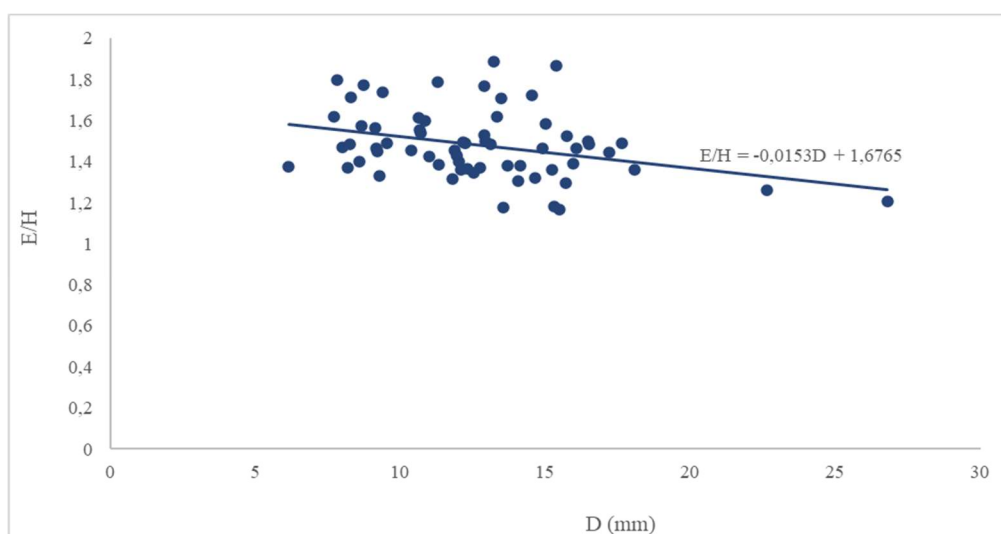


Fig.9. Diagramme de dispersion de l'indice de la section relative en fonction du diamètre maximal

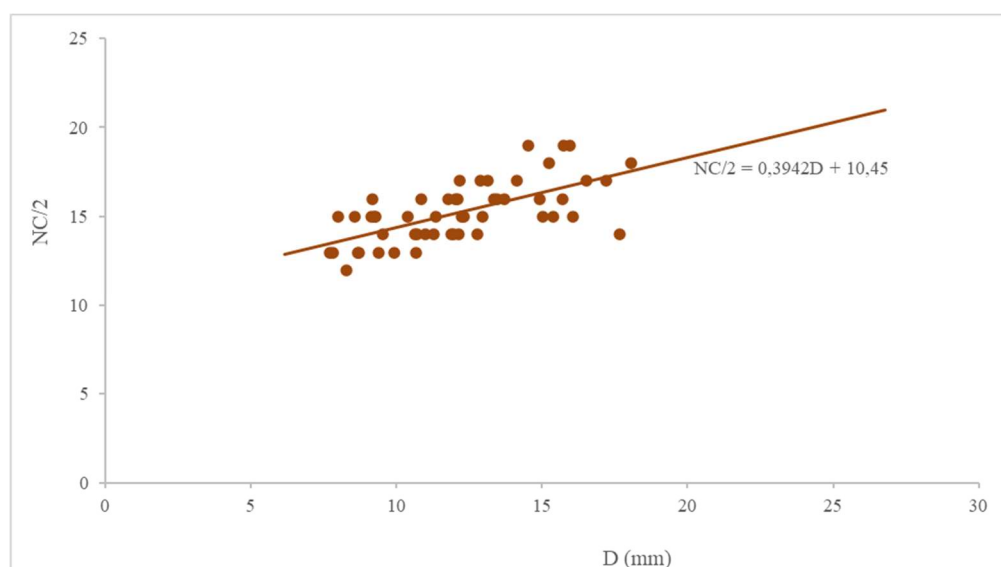


Fig.10. Diagramme de dispersion du nombre de côte en fonction du diamètre maximal

La droite d'ajustement a une équation $O = 0,5665D - 1,2171$ (Fig.8) indique que la croissance de l'ombilic est majorante. Cela renseigne sur une ouverture de l'ombilic au cours de la croissance.

La droite de régression $NC/2 = 0,3942D + 10,45$ (Fig. 10) montre que la densité des côtes augmente moins vite que la taille de la coquille. Les équations $E = 0,2599D + 2,5063$; $H = 0,2322D + 1,0169$ (Fig. 8) présentent aussi une croissance disharmonique minorante. La coquille subit une compression ventrale et une compression latérale au cours de la croissance.

La droite de régression a une équation $E/H = -0,0153D + 1,6765$ (Fig. 9) indique une décroissance disharmonique minorante. La section du tour s'arrondie au cours de la croissance.

III.2.3 Analyse multivariée

Les calculs des valeurs propres et des pourcentages de la variance fournis par le logiciel PAST sont présentés dans le tableau ci-dessous (Tab. III).

TABLEAU III. VALEURS PROPRES

Composante	Valeurs propres	% variance	% cumulé
1	5,904	65,598	65,599
2	1,484	16,490	82,089
3	0,976	10,848	92,937
4	0,516	5,737	98,674
5	0,098	1,094	99,768
6	0,018	0,196	99,964
7	0,002	0,027	99,991
8	0,001	0,007	99,998
9	0,000	0,002	100,001

Les deux premiers axes représentent 82,089% de la variance totale dont 65,598% pour le premier et 16,490% pour le deuxième. Cela signifie que ces deux axes contiennent l'essentiel de l'information contenue dans les données. La répartition des variables au niveau de ces deux composantes est représentée par le tableau suivant (Tab. IV).

TABLEAU IV. COORDONNEES DES VARIABLES SUR LES 2 PREMIERES COMPOSANTES

	Composante 1	Composante 2
D	0,40154	0,06486
O	0,40521	0,091893
H	0,3572	-0,0071682
E	0,29359	0,47131
O/D	0,34175	0,1423
H/D	-0,33654	0,43997
E/D	-0,33965	-0,12763
E/H	-0,16453	0,72724
NC/2	0,29715	-0,078582

Presque toutes les variables contribuent à la dispersion du nuage des points suivant la composante 1. Elle est assurée par la section relative suivant la composante 2. La dispersion des points est significative (Fig. 11) où des différents groupes morphologiques constituent l'échantillon.

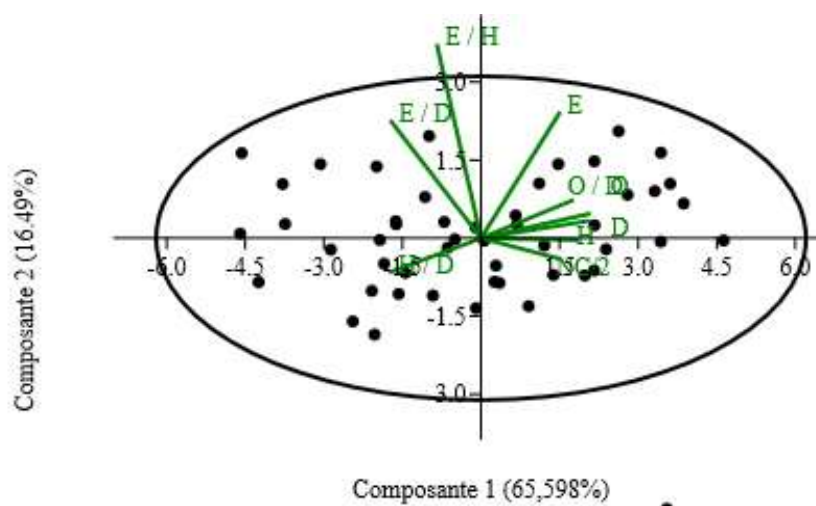


Fig.11. ACP chez *Properisphinctes* d'Anahidrano

IV. DISCUSSIONS

La variabilité à l'intérieur du genre peut être d'origine spécifique ou intraspécifique. Selon Klinger et Kennedy [10], elle est due au dimorphisme sexuel, à l'ontogenèse, à l'hétérochronie de développement, à la phylogénèse, à la covariation des caractères et à la variation géographique. Le facteur principal de la variabilité du genre *Proterisphinctes* d'Anahidrano est l'ontogenèse. L'analyse statistique bivariée exprime qu'elle touche la grandeur de l'ombilic ; l'épaisseur, la hauteur et la forme de la section du tour et ainsi l'épaisseur, la densité et l'espace intercostale. Cependant, d'autres variations sont indépendantes de la croissance. Ces cas expriment la contribution d'autres facteurs à la variabilité de ce genre. L'approche morphologique entre les individus du même stade révèle la présence de différents morphes plus distincts.

IV.1 Evolution des caractères morphologiques au cours de la croissance

IV.1.1 Ombilic et enroulement des tours

Après la première constriction, l'ombilic s'ouvre et le taux de recouvrement des tours s'affaiblit progressivement. L'ombilic est devenu large quand le diamètre atteint 07,5 mm environ et les tours sont moyennement recouvrant. L'ombilic poursuit sans cesse son ouverture (Fig.12) et devient très large chez les échantillons à diamètre élevé et ainsi les tours deviennent peu recouvrant.

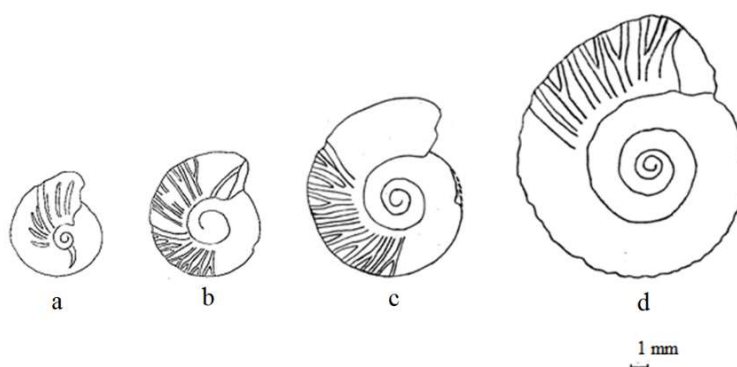


Fig.12. Evolution de l'ombilic au cours de la croissance

IV.1.2 Côtes

Le long du tour, les côtes s'épaississent et s'écartent entre elles. L'individu (ANP55) représenté sur la figure ci-après (Fig. 13) permet de regarder leurs évolutions depuis le premier tour jusqu'au quatrième tour.

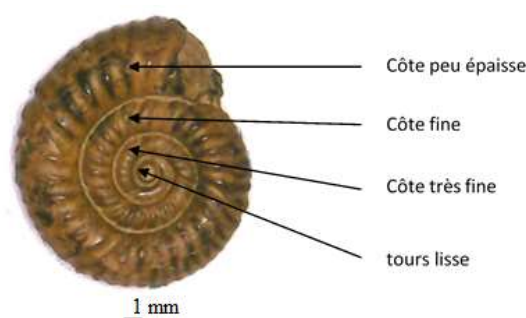


Fig.13. Evolution des côtes au cours de la croissance

IV.1.3 Section du tour

Elle devient de plus en plus arrondie au cours de la croissance sauf pour la section surbaissée représentée sur la première colonne de la figure ci-après (Fig. 14). L'évolution de toutes les formes de section du tour chez le *Properisphinctes* d'Anahidrano est représentée dans cette figure.

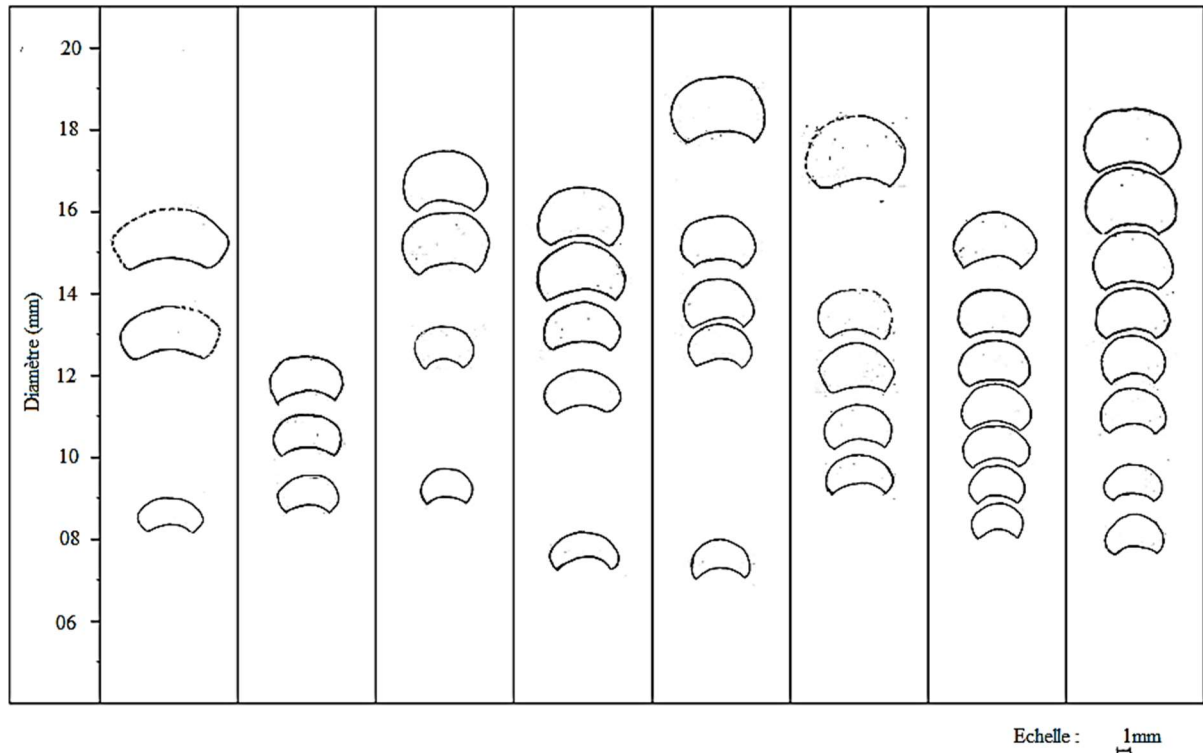


Fig.14. Evolution des sections du tour au cours de la croissance

IV.2 Identification des différents morphes

IV.2.1 Morphe A

Elle regroupe les *Properisphinctes* à section surbaissée. Il a une épaisseur importante, un ombilic large, un flanc qui converge vers l'ombilic, un bord latéro-ventral moins anguleux et un ventre large (Fig.15). Les côtes sont fortes, épaisses et ainsi moins nombreuses par rapport aux autres espèces. Ce morphe a le caractère proche du *Perisphinctes* (*Properisphinctes*) *trapezoidalis* de Haas [2], [11], [12].

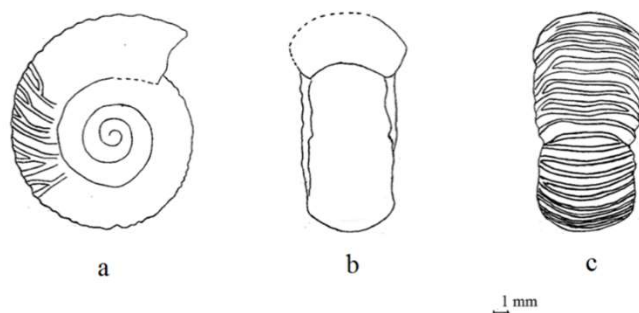


Fig.15. *Properisphinctes* d'Anahidrano, Morphe A (a : vue ombilicale, b : vue orale, c : vue ventrale)

IV.2.2 Morphe B

Ce morphe a une section elliptique, une épaisseur moins forte, un ombilic large (Fig. 16). Les côtes sont bifides, proverses mais elles sont fines au stade précoce.

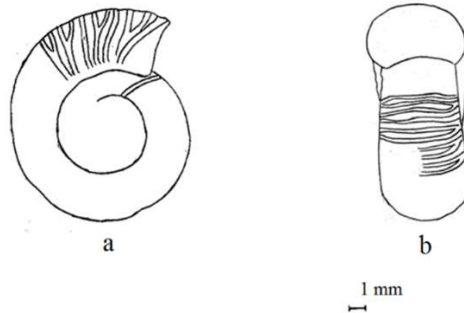


Fig.16. *Properisphinctes* d'Anahidrano, Morphe B (a : vue ombilicale, b : vue orale)

IV.2.3 Morphe C

Chez ce morphe, la section est subquadratique qui devient elliptique au stade tardif (Fig.17). Les côtes sont fines à ce stade par rapport aux autres espèces.

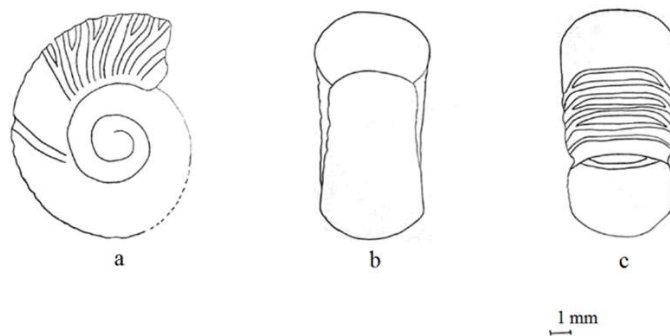


Fig.17. *Properisphinctes* d'Anahidrano, Morphe C (a : vue ombilicale, b : vue orale, c : vue ventrale)

IV.2.4 Morphe D

Ce morphe a une coquille épaisse qui a une section surbaissée au stade précoce mais devient elliptique au stade tardif. Les côtes sont épaisses et moins nombreuses (Fig. 18).

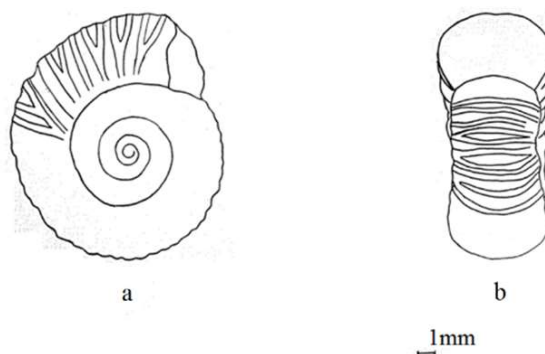


Fig.18. *Properisphinctes* d'Anahidrano, Morphe D (a : vue ombilicale, b : vue orale)

IV.2.5 Morphe E

Les tours ont une forme croissante au stade précoce et qui devient elliptique et puis subquadratique au stade tardif. Il ressemble beaucoup au *Proterisphinctes bernensis* de Loriol [12], [13], [14], [15], [16], [17]. Le ventre est plus convexe, le bord ombilical est vertical, les constrictions sont très profondes (Fig. 19).

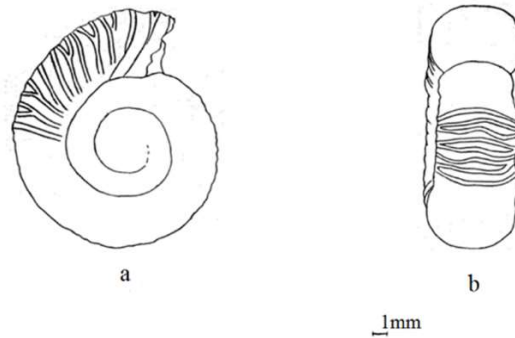


Fig.19. *Proterisphinctes* d'Anahidrano, Morphe E (a : vue ombilicale, b : vue orale)

IV.2.6 Morphe F

Il a une section du tour elliptique qui tend à la forme surbaissée au stade précoce. Elle devient arrondie au stade tardif (Fig. 20). Au stade jeune, la coquille a un bord ventral très convexe. Les côtes sont peu épaisses et plus serrées par rapport aux autres morphes. Il est plus proche du *Proterisphinctes latilinguatus* de Noetling [11], [17].

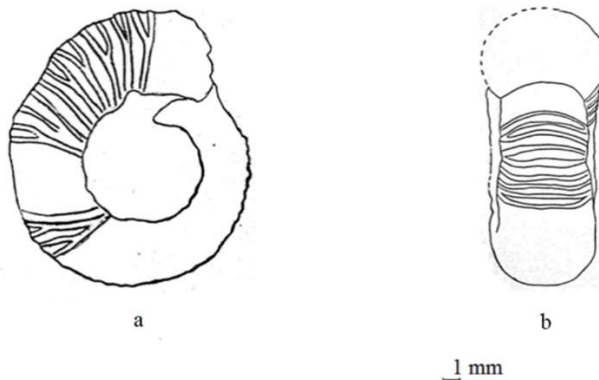


Fig.20. *Proterisphinctes* d'Anahidrano, Morphe F (a : vue ombilicale, b : vue orale)

IV.2.7 Morphe G

Cette forme a une épaisseur faible. Elle a un tour réniforme à elliptique avec un bord ventral très convexe (Fig. 21). Les côtes sont formées par des côtes fines qui s'épaississent progressivement avec la taille.

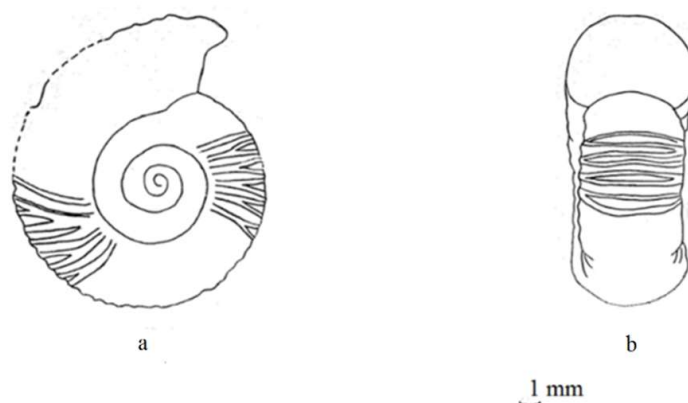


Fig.21. *Properisphinctes* d'Anahidrano, Morphe G (a : vue ombilicale, b : vue orale)

IV.2.8 Morphe H

C'est la forme mince du genre *Properisphinctes* d'Anahidrano. Il a une section elliptique au stade jeune mais devient subquadratique au stade tardif (Fig. 22).

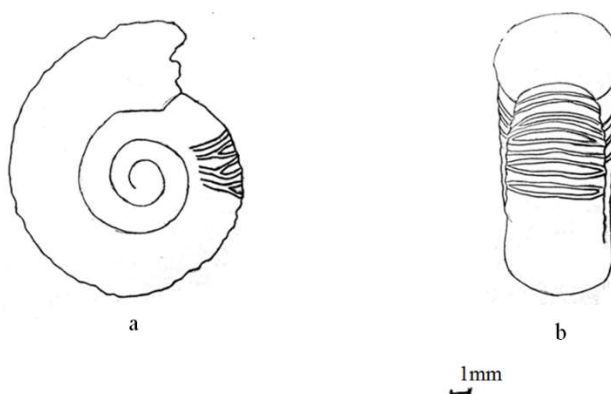


Fig.22. *Properisphinctes* d'Anahidrano, Morphe H (a : vue ombilicale, b : vue orale)

V. CONCLUSIONS

Pour conclure, la variabilité à l'intérieur du genre *Properisphinctes* de l'oxfordien inférieur d'Anahidrano du Bassin de Mahajanga est évidente. Les analyses quantitatives des caractères dimensionnels ont montré les changements morphologiques dus à l'existence des différents stades de croissance. Les analyses qualitatives ont permis de représenter huit morphes des différentes espèces adaptées à leurs environnements. Cette recherche apporte des valeurs biostratigraphiques du genre *Properisphinctes* de l'étage Oxfordien de Madagascar.

Ce présent travail est le premier article sur le site fossilifère d'Anahidrano. Il y aura beaucoup de travaux de recherche à faire non seulement sur le dimorphisme sexuelle, l'hétérochronie de développement, l'étude systématique et phylogénétique chez *Properisphinctes*, mais sur les autres fossiles micro et macroinvertébrés et aussi sur la stratigraphie et paléobiogéographie de la formation d'Anahidrano.

REFERENCES

- [1] H. Bésairie et M. Collignon, Echelle stratigraphique de Madagascar, Service Géologique. Tananarive, 1959.
- [2] M. Collignon, Atlas des fossiles caractéristiques de Madagascar, Service Géologique. Tananarive, 1958.
- [3] V. Rafalimanana, « Biostratigraphie des brachiopodes et céphalopodes du Callovien d'un nouveau gisement fossilifère d'Anahidrano-Antsohihy, Bassin de Mahajanga », Mémoire, Université d'Antananarivo, 2019.
- [4] H. Bésairie, Géologie de Madagascar, Les terrains sédimentaires. in Annales géologiques de Madagascar, no. Fasc. XXXV. Tananarive, 1972.
- [5] H. Bésairie et M. Collignon, La géologie du bassin de Majunga à Madagascar, Service géologique. in documentation du bureau géologique, no. 172. Tananarive, 1966.
- [6] D. Bert, « L'influence de la variabilité intraspécifique sur la taxinomie, la biostratigraphie et l'évolution des ammonites : une approche paléobiologique : exemples pris dans le Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur », thèse, Université Rennes 1, 2014.
- [7] R. M. Rakotonimanana, « Ontogénie et phylogénie du genre *Cleoniceras* de l'Albien du sud du bassin de Mahajanga », Université d'Antananarivo, Antananarivo, 2016.
- [8] A. Mondher, Biostatistique - 1. in institut supérieur de l'éducation et de la formation continue, no. SN101/1. 2008.
- [9] A. Bacini, Statistique Descriptive Multidimensionnelle. in Institut de Mathématiques de Toulouse, no. UMR CNRS 5219. Toulouse, 2010.
- [10] H. C. Klinger et W. J. Kennedy, Cretaceous faunas from Zululand and Natal, South Africa. The Ammonite family Placenticeratidae Hyatt, 1900; with comments on the systematic position of the genus *Hypengonoceras* Spath, 1924. in Annals of the South African Museum. 1989.
- [11] O. Haas, « Revision of the jurassic Ammonite fauna of mount Hermon Syria. », Bulletin American Museum of Natural History, vol. 108, no 1, p. 210, 1955.
- [12] N. Fantini Sestini, « Lower oxfordian ammonites from the dalichai formation. », Riv. Ital. Paleont., vol. 74, no 2, p. 403-418, 1968.
- [13] P. De Loriol, « Etudes sur les mollusques et brachiopodes de l'Oxfordien inférieur ou zone à ammonites Renggeri du Jura bernois », vol. XXV, p. 220, 1898.
- [14] Q. Scoufflaire, D. Marchand, A. Bonnot, P. Courville, M. Raffray, et V. Huault, « Le contact Callovien-Oxfordien dans les environs de Chaignay nouvelles données stratigraphiques et paléontologiques. », Bull. sci. Bourg., no 49, p. 45-63, janv. 1997.
- [15] R. A. Gygi, « The Oxfordian ammonite succession near Liesberg BE and Péry BE, northern Switzerland », 1990, doi: 10.5169/SEALS-166583.
- [16] R. Tarkowski et D. Marchand, « Le dimorphisme chez *Perisphinctes* (*Properisphinctes*) cf. *bernensis* de Loriol (Oxfordien inférieur, région de Cracovie, Pologne) », Comptes Rendus Palevol, vol. 3, no 3, p. 191-198, mai 2004, doi: 10.1016/j.crpv.2004.03.002.
- [17] V. Maire, « Etude sur les espèces d'ammonites de l'oxfordien inférieur de franche-comté appartenant aux genres *Perisphinctes*, *Aspidoceras*, *Peltoceras*. », Compte Rendu Sommaire Et Bulletin De La Société Géologique, vol. II, no 5, p. 21-51, 1932.