

ORIGINE DES SABLES ET AGES DES DUNES DE LA RÉGION DE SALVADOR (BRÉSIL) CONSEQUENCES PALÉOCLIMATIQUES

Louis MARTIN*, Geraldo VILAS BOAS**, Abílio BITTENCOURT**,
Jean-Marie FLEXOR***

* *Mission O.R.S.T.O.M. Instituto de Física. Universidade Federal da Bahia. 40.000 Salvador (Brésil).*

** *Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica e Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia. 40.000 Salvador (Brésil).*

*** *Instituto de Física. Universidade Federal da Bahia. 40.000 Salvador (Brésil).*

RÉSUMÉ

Les dunes de la région de Salvador sont formées de deux sortes de sables. Les grains des dunes internes ont un degré d'arrondissement semblable à celui des grains d'une formation continentale antérieure à l'avant-dernière transgression. Ceux des dunes externes ont un degré d'arrondi semblable à celui des grains de sable des terrasses marines de l'avant-dernière transgression. La position relative, par rapport aux terrasses marines, montre que les dunes internes se sont formées antérieurement à l'avant-dernière transgression et que les dunes externes se sont formées avant la dernière transgression. La formation de ces dunes indique qu'antérieurement à l'avant-dernière transgression, le climat a été nettement plus sec que le climat actuel. Par contre, avant la dernière transgression, le climat a été seulement légèrement plus sec que le climat actuel.

MOTS-CLÉS : Brésil. Quaternaire. Sables dunaires. Morphoscopie. Paléoclimatologie.

ABSTRACT

ORIGIN OF SANDS AND AGES OF DUNES IN THE REGION OF SALVADOR (BRAZIL) AND THEIR PALEOCLIMATIC CONSEQUENCES

Sand dunes in Salvador region are composed of two types of sand. Grains in interior dunes get a degree of roundness similar to this of grains in a continental formation older than the last but one transgression. Grains in exterior dunes get a degree of roundness similar to this of sand grains in marine terraces of the last but one transgression. The relative position in relation to marine terraces shows that interior dunes appeared before the last but one transgression and exterior dunes appeared before the last transgression. This phenomenon shows that before the last but one transgression, the climate was markedly drier than currently. On the other hand, before the last transgression, the climate was only slightly drier than currently.

KEY WORDS: Brazil. Quaternary. Sand dunes. Morphoscopy. Paleoclimatology.

RESUMO

As dunas da região de Salvador, são formadas de dois tipos de areia. Os grãos das dunas internas tem um grau de arredondamento semelhante aos dos grãos de uma formação continental mais antiga do que a penúltima transgressão. O grau de arredondamento dos grãos das dunas externas é semelhante ao dos grãos de areia dos terraços marinhos da penúltima transgressão. A posição em relação aos terraços marinhos mostra que as dunas internas se formaram anteriormente a penúltima transgressão e que as dunas externas se formaram antes da última transgressão. A formação dessas dunas indica que anteriormente à penúltima transgressão o clima foi nitidamente mais seco do que o clima atual. Por outro lado, antes da última transgressão o clima era somente ligeiramente mais seco do que o atual.

INTRODUCTION

Une étude du Quaternaire du littoral de l'État de Bahia (fig. 1), (MARTIN *et al.*, 1978, 1979; BITTENCOURT *et al.*, 1979 a et b; VILAS-BOAS, *et al.*, 1979) basée sur une cartographie de détail et des datations absolues a montré qu'il existait deux générations de terrasses sableuses marines liées aux deux derniers grands épisodes transgressifs. Il existe également des sables continentaux d'âges différents. Les plus anciens se sont mis en place après le dépôt des sédiments de la Formation Barreiras (Pliocène) et avant le maximum de l'avant-dernière transgression. Originellement ces sables continentaux devaient couvrir une grande surface. Les plus récents, mis en place entre les deux dernières

transgressions, se sont déposés dans de petites vallées et couvrent donc des surfaces restreintes. Dans la région de Salvador, il existe également de grandes dunes aujourd'hui inactives.

Dans leur livre « Estudos de Geomorfologia da Bahia e Sergipe » TRICART et CARDOSO DA SILVA (1968) distinguent deux générations de dunes :

— des « dunes ocre » qui se seraient formées au cours de la régression qui a suivi l'avant-dernière transgression («... durante o início da regressão post-ouljiana ...-... au cours du début de la régression post-ouljienne...»). Pour ces auteurs, les sables des plages seraient la source des sables («... onde as praias eram arenosas, a deflação eólica se exerceu e o vento empurrou a areia para o interior ...-... lá

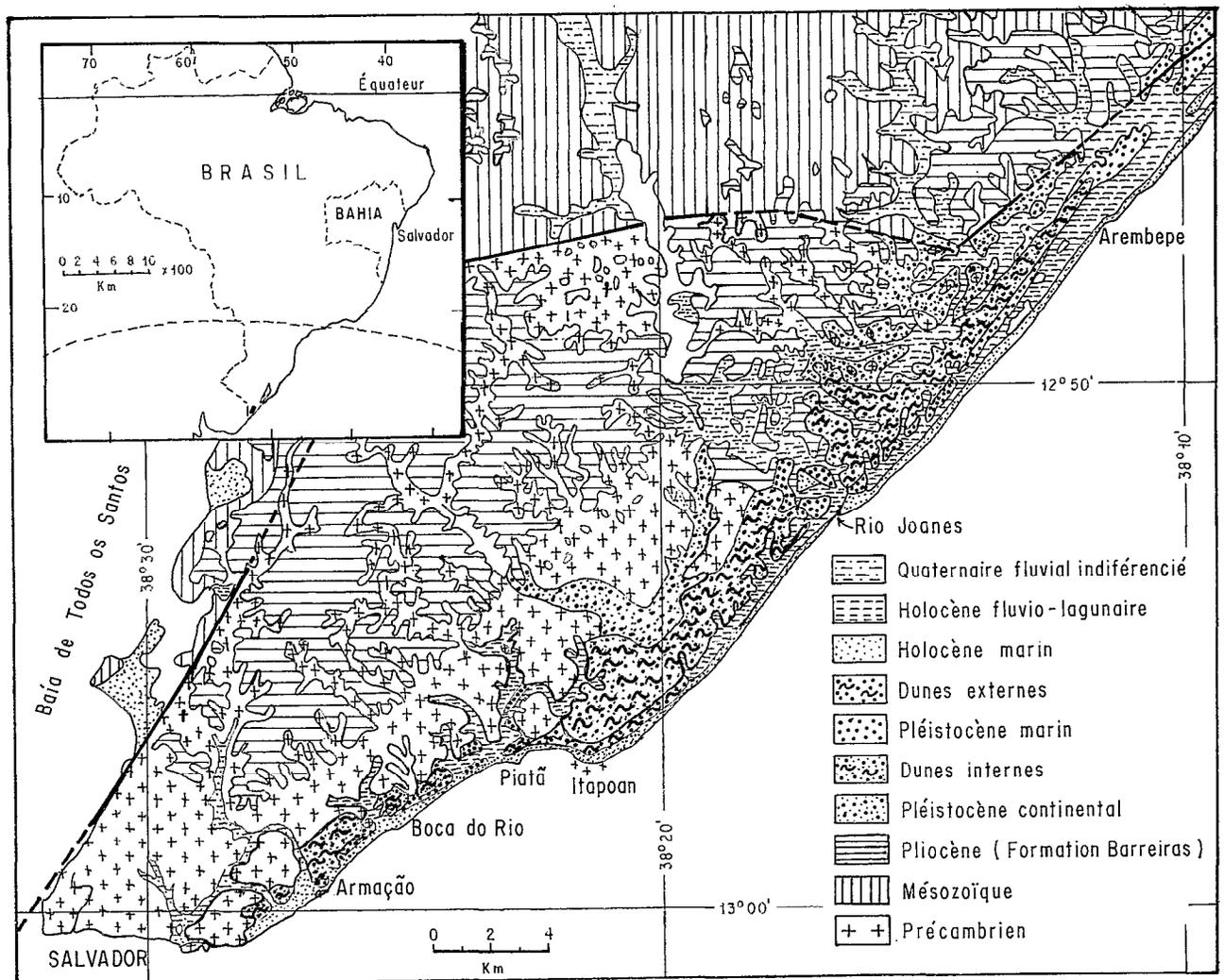


Fig. 1. — Carte de situation. Carte des formations quaternaires de la région de Salvador.

où les plages étaient sableuses, la déflation éolienne s'est exercée et le vent a poussé le sable vers l'intérieur... »);

— des « dunes blanches » plus récentes que les dunes ocre et qui auraient recouvert celles-ci. Dans ce cas également, les sables des plages seraient la source des sables des dunes blanches (... « *durante a deposição das dunas recentes, havia condições que permitiam um movimento mais livre das areias sobre as praias e principalmente a substituição por aportes vindos do mar e empurrados para a costa durante as tempestades ...-... à l'époque du dépôt des dunes récentes, il existait des conditions permettant un mouvement plus libre des sables et surtout la substitution de ceux-ci par des apports venus de la mer et poussés à la côte pendant les tempêtes...* »). En ce qui concerne l'époque de la mise en place de ces dunes, TRICART et CARDOSO, concluent que celles-ci se sont formées au cours de la dernière transgression (... « *podemos concluir portanto que as dunas brancas se depositaram durante a transgressão flandriana ...-... nous pouvons donc conclure que les dunes blanches se sont mises en place au cours de la transgression flandrienne...* »). TRICART et CARDOSO concluent que les dunes se sont mises en place sous des conditions climatiques très différentes (climat beaucoup plus sec que le climat actuel) ce qui, étant donné le type de végétation qui recouvre actuellement les dunes, semble évident. Dans une tentative de reconstruction paléoclimatique, l'âge et la source des sables des dunes deviennent des éléments importants de cette reconstruction.

Dans un travail précédent, GUIMARAES et MARTIN (1978) ont montré en analysant une centaine d'échantillons que les dépôts sableux de la région de Salvador (Formation post-Barreiras : P-B ; Terrasses marines pléistocènes : T1 ; Terrasses marines holocènes : T2 ; Plages actuelles : P.A.) pouvaient être différenciés par le degré d'arrondi de leurs grains. Les histogrammes du degré d'arrondi ont pu être regroupés en familles qui présentent des différences trop importantes et trop constantes pour que l'on ait des doutes sur leur représentativité et leur signification. Il apparaît également clairement que ces divers dépôts sableux dérivent des sédiments de la Formation Barreiras (F.B.) par remaniements successifs.

Si les sables des plages formées au cours de la régression qui a suivi le maximum de l'avant-dernière transgression étaient la source des sables des dunes ocre, les grains de sables de celles-ci devraient posséder des caractéristiques morphoscopiques (degré d'arrondi) assez semblables à celles des grains de sables des terrasses marines pléistocènes dont il existe des témoins importants au nord de Salvador. De même, si les sables des plages formées au cours de la dernière transgression étaient la

source des sables des dunes blanches, les grains de sables de celles-ci devraient présenter des caractéristiques d'arrondi proches de celles des terrasses holocènes dont il existe des témoins dans la région de Salvador. D'un autre côté, le degré d'arrondi des grains de sable des dunes ocre devrait être différent de celui des dunes blanches (les grains des dunes blanches devraient posséder un degré d'arrondi supérieur à celui des grains des dunes ocre). En ce qui concerne l'âge des dunes, la position relative de celles-ci par rapport aux terrasses laissées par les deux dernières transgressions, devrait nous permettre de résoudre ce problème.

DEGRÉ D'ARRONDI DES GRAINS DES DÉPÔTS SABLEUX DE LA RÉGION NORD DE SALVADOR

A partir des histogrammes du degré d'arrondi construits par GUIMARAES et MARTIN (1978) nous avons construit deux graphiques où apparaissent :

— les pourcentages maximum et minimum des grains anguleux des diverses formations sableuses (fig. 2 A) ;

— les pourcentages maximum et minimum des grains arrondis des diverses formations sableuses (fig. 2 B).

Nous pouvons constater que les sables de la Formation continentale Post-Barreiras présentent les mêmes caractéristiques que ceux de la Formation Barreiras, ce qui est logique puisqu'ils se sont mis en place après un transport très court. Lors de l'avant-dernière transgression une partie de ces sables ont été remaniés par la mer et ont formé les terrasses T1. Ce remaniement s'est traduit par une diminution très nette du pourcentage de grains anguleux et une augmentation de celui des grains arrondis. Lors de la dernière transgression, une partie des sables des terrasses pléistocènes a été remaniée par la mer et a formé les terrasses T2. Ce remaniement s'est également traduit par une diminution du pourcentage de grains anguleux et une augmentation de celui des grains arrondis. Dans certaines parties du littoral, les terrasses holocènes (T2) ont été la source du sable des plages actuelles. Ces sables ont donc été usés plus longtemps par la mer et présentent logiquement une diminution du pourcentage des grains anguleux et une augmentation des grains arrondis.

DEGRÉ D'ARRONDI DES GRAINS DE SABLES DES DIVERSES FORMATIONS DUNAIRES

Les familles d'histogrammes du degré d'arrondi construites par GUIMARAES et MARTIN (1978) montrent qu'il existe 3 types de dunes :

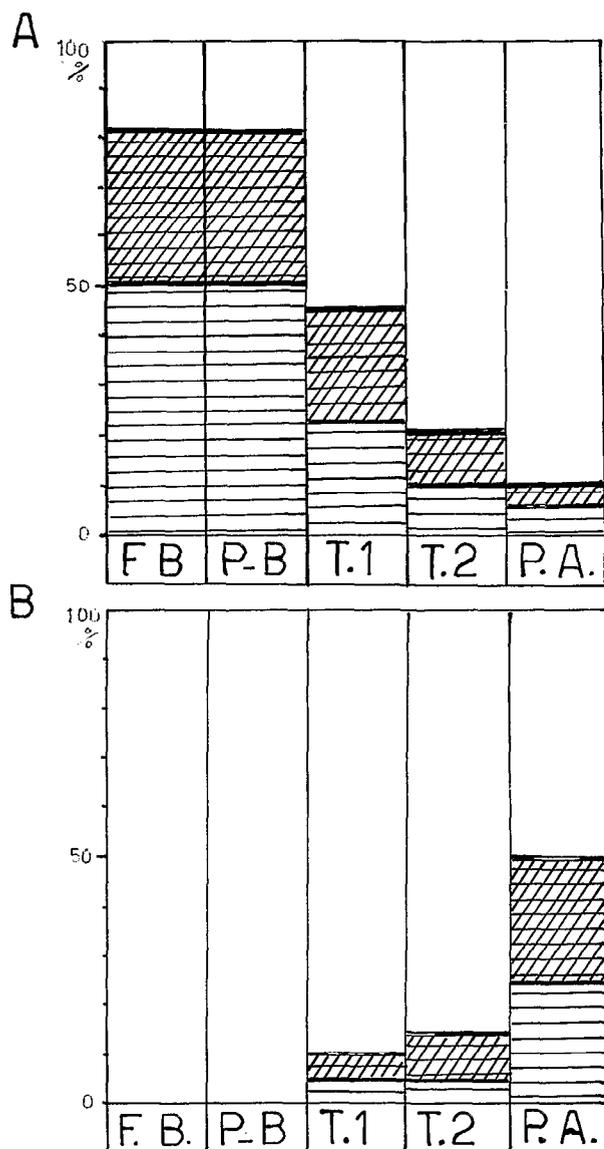


Fig. 2. — Pourcentages maximum et minimum : A. des grains anguleux et très anguleux des sables de la Formation Barreiras (F.B.), de la formation Post-Barreiras (P.-B.), des terrasses de l'avant-dernière transgression (T. 1), des terrasses de la dernière transgression (T. 2) et des plages actuelles (P.A.); B. des grains arrondis et très arrondis des mêmes formations sableuses.

- des dunes internes ;
- - des dunes externes ;
- des dunes littorales actuelles.

Les premières forment la presque totalité du massif, les secondes une bande discontinue entre les dunes interne et la mer, les troisièmes de rares petites accumulations en bordure de certaines plages. A

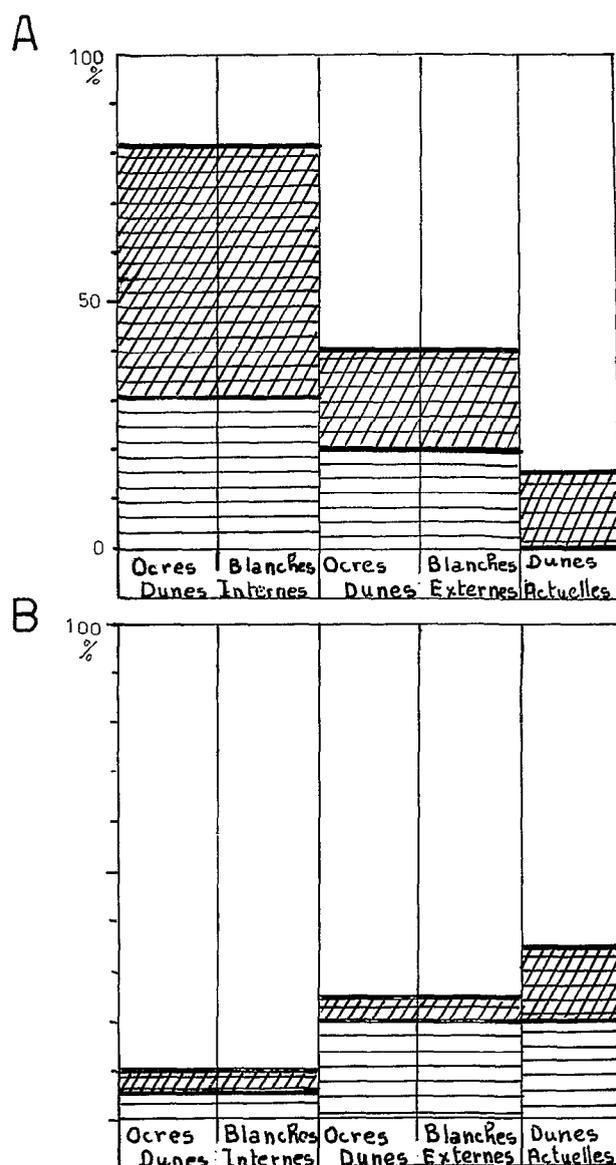


Fig. 3. — Pourcentages maximum et minimum : A. des grains anguleux et très anguleux des dunes internes ocre et blanches, des dunes externes ocre et blanches et des dunes littorales actuelles ; B. des grains arrondis et très arrondis des mêmes dunes.

partir des données précédentes nous avons construit deux graphiques où apparaissent :

- les pourcentages maximum et minimum des grains anguleux et très anguleux des différents types de dunes (fig. 3 A) ;
- les pourcentages maximum et minimum des grains arrondis et très arrondis des différents types de dunes (fig. 3 B).

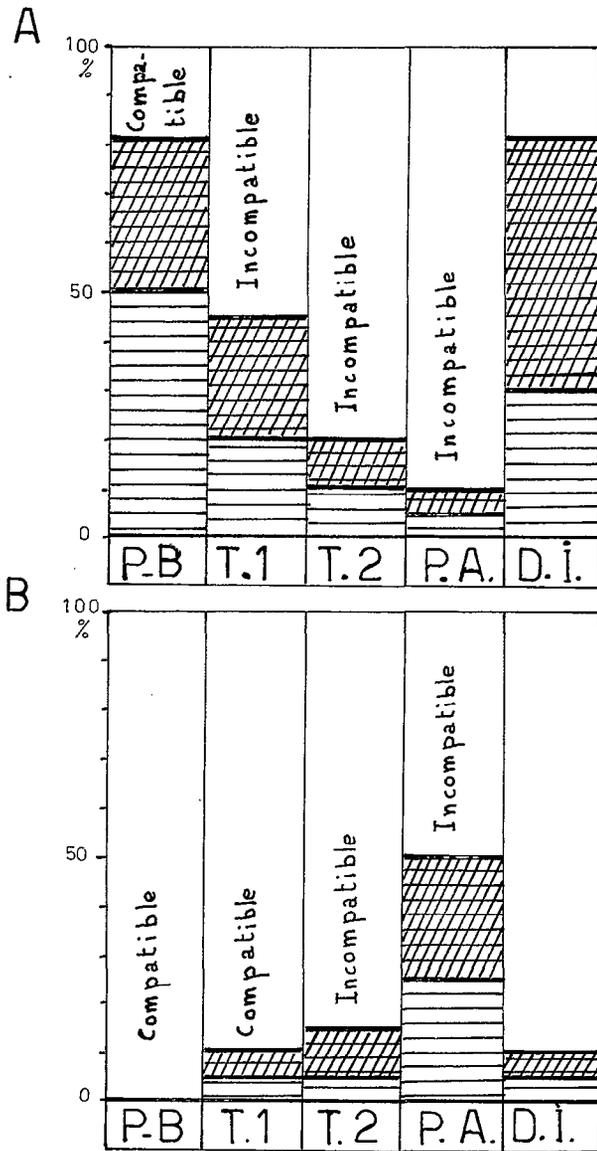


Fig. 4. — Comparaison des pourcentages maximum et minimum : A. des grains anguleux et très anguleux des diverses formations sableuses (P.-B., T. 1, T. 2, P.A.) avec ceux des grains de sable des dunes internes ; B. même comparaison avec les grains arrondis et très arrondis. Possible filiation.

Les dunes internes sont caractérisées par un très fort pourcentage de grains anguleux et un faible pourcentage de grains arrondis. Les dunes externes par contre contiennent beaucoup moins de grains anguleux et davantage de grains arrondis. Les dunes littorales actuelles contiennent le plus faible pourcentage de grains anguleux et le plus fort de grains arrondis. Nous pouvons constater qu'il existe des

sables blancs et ocres aussi bien dans les dunes internes que dans les dunes externes et que les sables ocres et blancs ne présentent pas de différences du degré d'arrondi notable. Il ne semble pas que la couleur soit un critère valable pour différencier les dunes en deux générations différentes. Ainsi, dans le cas de la fig. 4, si la dune ocre était plus ancienne que la dune blanche elle devrait se situer plus à l'intérieur que celle-ci. Or c'est le contraire que nous constatons ; la dune ocre est entre la mer (source des sables selon TRICART et CARDOSO) et la dune blanche. Par contre nous pouvons constater que sous les sables ocres se trouvent des roches cristallines altérées. Il paraît donc logique de penser que la couleur ocre est liée à cette présence.

Afin de trouver quelle a été la source des sables des dunes internes nous avons regroupé sur deux graphiques :

— les pourcentages maximum et minimum des grains anguleux et très anguleux des diverses formations sableuses (P-B, T1, T2 et PA) et ceux des grains de sable des dunes internes (fig. 4 A) ;

— les pourcentages maximum et minimum des grains arrondis et très arrondis des diverses formations sableuses (P-B, T1, T2, PA) et ceux des grains de sable des dunes internes (fig. 4 B).

L'examen de ces deux graphiques montre que seuls les sables de la formation continentale Post-Barreiras ont pu être la source des sables des dunes internes.

De même, afin de trouver quelle a été la source des sables des dunes externes nous avons regroupé sur deux graphiques :

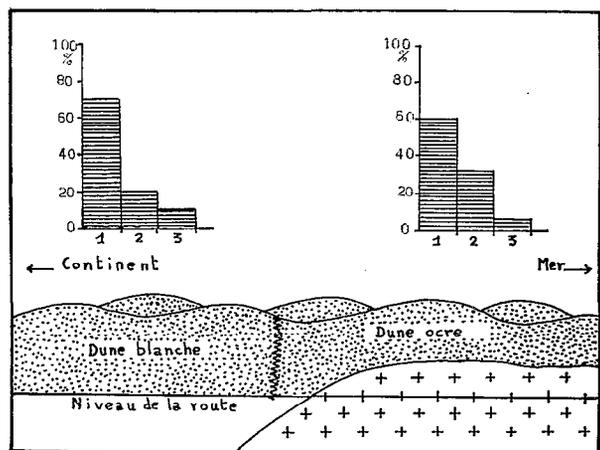


Fig. 5. — Position relative d'une dune ocre et d'une dune blanche. Histogrammes du degré d'arrondi (la classe 1 représente les grains très anguleux et anguleux, la classe 2 les grains subanguleux et subarrondis, la classe 3 les grains arrondis et très arrondis) des sables blancs et ocres.

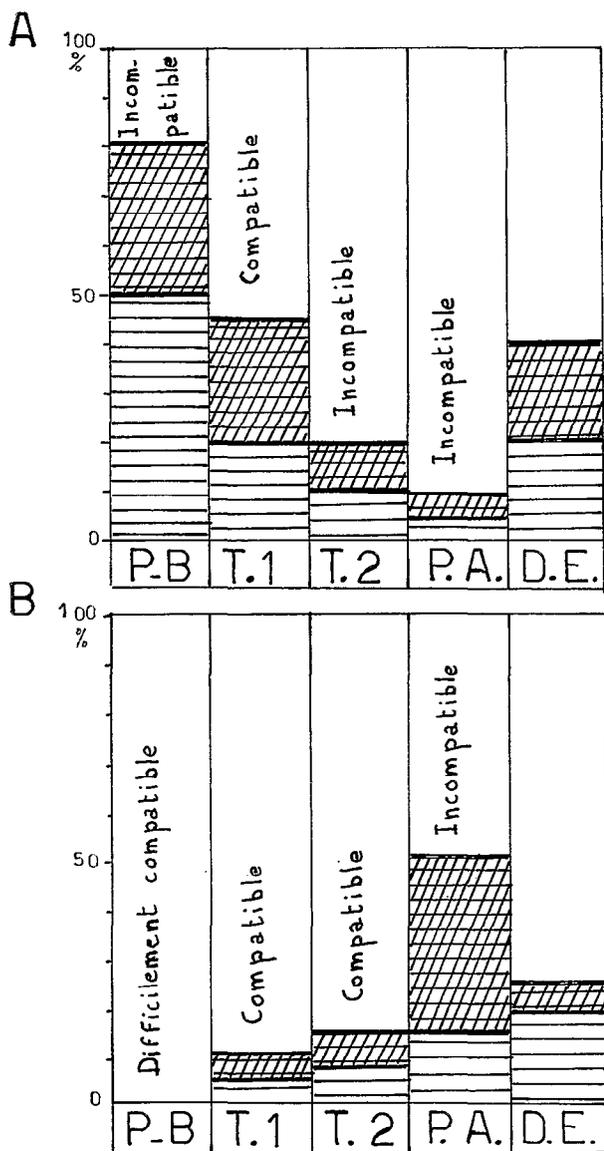


Fig. 6. — Comparaison des pourcentages maximum et minimum : A. des grains anguleux et très anguleux des diverses formations sableuses (P-B, T. 1, T. 2, P.A.) avec ceux des grains de sable des dunes externes; B. même comparaison avec les grains arrondis et très arrondis. Possible filiation.

— les pourcentages maximum et minimum des grains anguleux et très anguleux des diverses formations sableuses (P-B, T1, T2, PA) et ceux des grains de sable des dunes externes (fig. 6 A);

— les pourcentages maximum et minimum des grains arrondis et très arrondis des diverses formations sableuses (P-B, T1, T2, PA) et ceux des grains de sable des dunes externes (fig. 6 B).

L'examen de ces deux graphiques montre que seuls les sables des terrasses marines pléistocènes (T2) ont pu être la source des sables des dunes externes.

Deux graphiques construits de la même manière (fig. 7 A et B) montrent que le sable des plages est la source des dunes littorales actuelles ce qui est somme toute, tout à fait logique.

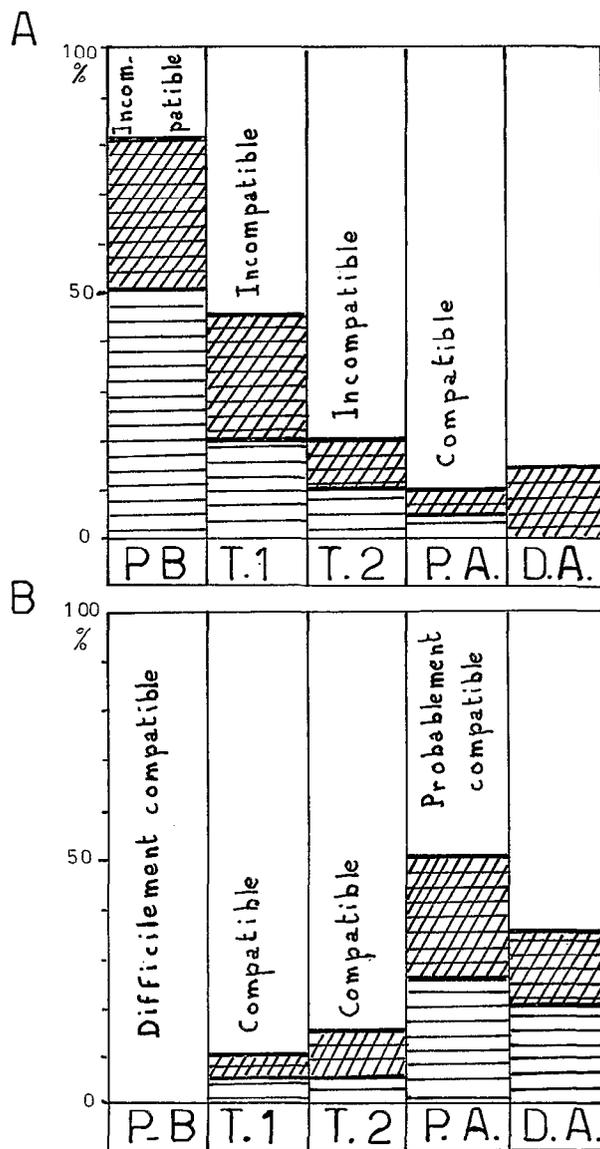


Fig. 7. — Comparaison des pourcentages maximum et minimum : A. des grains anguleux et très anguleux des diverses formations sableuses (P-B., T. 1, T. 2, P.A.) avec ceux des grains de sable des dunes littorales actuelles; B. même comparaison avec les grains arrondis et très arrondis. Possible filiation.

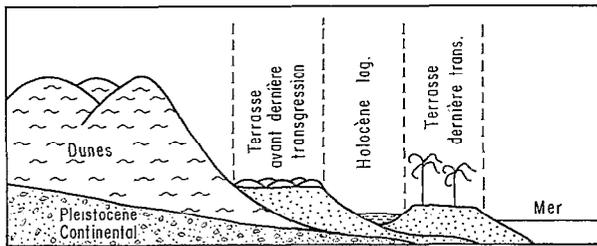


Fig. 8. — Position des dunes internes par rapport à la terrasse de l'avant-dernière transgression.

AGES DES DUNES

Dunes internes

Entre l'embouchure du Rio Joanes et Arembepe (fig. 1), il existe des restes de la terrasse construite après le maximum de l'avant-dernière transgression qui s'appuient contre le massif de dunes (fig. 8). Sur les photographies aériennes, on voit très nettement, au pied du massif de dunes, la limite atteinte par le maximum de l'avant-dernière transgression. Il paraît donc évident qu'antérieurement à celui-ci, le massif de dunes s'étendait sur une partie de la plate-forme continentale et qu'il a été en partie détruit par la mer en transgression. A l'emplacement de la vallée du Rio Joanes, le massif de dunes est interrompu et dans cette échancrure, il existe des sables marins de l'avant-dernière transgression (fig. 9). Si les dunes étaient postérieures au maximum

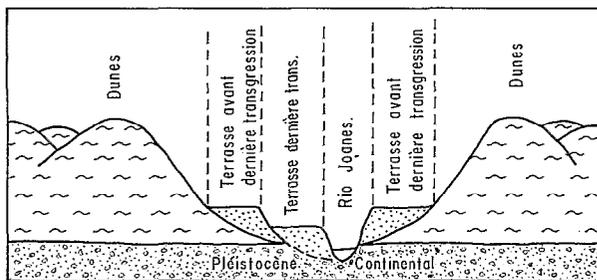


Fig. 9. — Position des dunes internes par rapport à la terrasse de l'avant-dernière transgression dans la vallée du Rio Joanes.

de celle-ci, on ne voit pas comment il aurait pu s'en former de part et d'autre de la vallée du Rio Joanes et pas sur les terrasses sableuses marines. De même après Arembepe, les grandes dunes disparaissent alors que la terrasse marine construite après le maximum de l'avant-dernière transgression est bien développée. Si les dunes étaient postérieures à celui-ci, on s'expliquerait mal pourquoi il ne s'en serait pas formé sur les terrasses marines.

Il paraît donc logique de penser que les dunes internes se sont formées antérieurement au maximum de l'avant-dernière transgression.

Dunes externes

Dans la région d'Armação (fig. 1), on peut observer une dune formée de sables blancs et ocres qui s'appuie sur une colline de roches précambriennes altérées (fig. 10). Les histogrammes du degré d'arrondi montrent que ni les sables de la plage actuelle, ni les sables du cordon holocène ne peuvent être la source des sables de la dune. Par contre les caractéristiques d'arrondis sont tout à fait comparables avec celles des grains de sables des terrasses marines pléistocènes (T1). Or à cet endroit, les terrasses de l'avant-dernière transgression ont été détruites lors du maximum de la dernière transgression. Il est donc évident que les dunes sont plus vieilles que celui-ci.

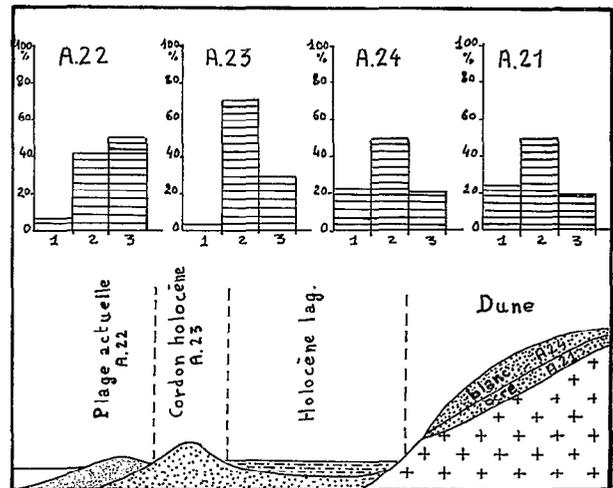


Fig. 10. — Comparaison des histogrammes du degré d'arrondi des sables de la plage actuelle et du cordon holocène avec ceux des sables ocres et blancs d'une dune externe.

Il paraît donc logique de penser que les dunes externes se sont formées après le maximum de l'avant-dernière transgression et avant celui de la dernière.

Ici aussi on ne note aucune différence notable entre le degré d'arrondi des sables blancs et celui des sables ocres. Dans ce cas également, la couleur ocre paraît liée à la présence des roches précambriennes altérées.

CONCLUSION

A partir des caractéristiques morphoscopiques (degré d'arrondi des grains), on peut conclure qu'il

existe bien dans la région de Salvador deux générations de dunes (mises à part les petites dunes littorales actuelles) :

- des dunes internes ;
- des dunes externes.

Les grains de sable des dunes internes possèdent un degré d'arrondi très comparable à celui des grains de sable d'une formation continentale mise en place après le dépôt des sédiments de la formation Barreiras (Pliocène) et plus précisément après une transgression qui a érodé la partie externe de ceux-ci et antérieurement au maximum de l'avant-dernière transgression.

Les grains de sable des dunes externes possèdent un degré d'arrondi très comparable à celui des grains de sable des terrasses construites après le maximum de l'avant-dernière transgression mais légèrement différent de celui des grains de sable des terrasses construites lors de la dernière transgression. Il paraît donc évident que les dunes externes se sont formées entre les deux dernières transgressions. Si effectivement il existe bien deux générations de dunes, la couleur ne peut, dans la région de Salvador, être le critère de différenciation comme l'on écrit TRICART et CARDOSO DA SILVA. Du point de vue extension, il apparaît que les dunes internes forment la presque totalité du massif, les dunes externes ne forment qu'une petite frange parfois discontinue.

Il est bien évident que la formation de ces dunes témoigne de conditions climatiques beaucoup plus sèches que les conditions actuelles. Cependant, les dunes formées entre les deux dernières transgressions sont peu développées et souvent la surface des terrasses sableuses construites après le maximum de l'avant-dernière transgression a été très peu remaniée par le vent. On peut donc penser que si entre les deux dernières transgressions le climat a été effectivement plus sec qu'actuellement, il l'a été beaucoup moins que pendant la période qui a précédé l'avant-dernière transgression. Cette faible variation climatique entre les deux dernières transgressions est confirmée par la conservation des cordons littoraux qui existent sur les vastes terrasses marines pléistocènes de la moitié sud du littoral de l'état de Bahia (BITTENCOURT *et al.*, 1979 ; VILAS-BOAS *et al.*, 1979). Par contre, antérieurement au maximum de l'avant-dernière transgression, le climat a été radicalement plus sec que le climat actuel. L'existence de cette importante période sèche post-Barreiras et antérieure à l'avant-dernière transgression est vraisemblablement le premier élément d'une chronologie du Quaternaire continental de l'État de Bahia.

*Manuscrit reçu au Service des Publications de l'O.R.S.T.O.M.
le 30 mai 1980.*

BIBLIOGRAPHIE

- BITTENCOURT (A. C. S. P.), MARTIN (L.), VILAS BOAS (G. S.), FLEXOR (J. M.), 1979. — The marine Quaternary formations of the coast of the State of Bahia (Brazil). Proceedings of the « 1978 International symposium on coastal evolution in the Quaternary », Suguio, Fairchild, Martin et Flexor ed. : 232-253, São Paulo.
- BITTENCOURT (A. C. S. P.), VILAS BOAS (G. S.), FLEXOR (J. M.), MARTIN (L.), 1979. — Geologia dos depósitos quaternários no litoral do Estado da Bahia. Geologia e Recursos Minerais do Estado da Bahia, Textos Básicos, vol. 1 : 2-21, Secretaria das Minas e Energia do Governo da Bahia, Salvador.
- GUIMARÃES (M. M. M.), MARTIN (L.), 1978. — Diferenciação morfoscopica das areias da região nordeste de Salvador. Cronologia da deposição. *Anais do XXX Congresso Brasileiro de Geologia*, vol. 2 : 997-904, Recife.
- MARTIN (L.), FLEXOR (J. M.), VILAS BOAS (G. S.), BITTENCOURT (A. C. S. P.), GUIMARÃES (M. M. M.), 1979. — Courbe de variation du niveau relatif de la mer au cours des 7000 dernières années sur un secteur homogène du littoral brésilien (nord de Salvador). — Proceedings of the « 1978 International symposium on coastal evolution in the Quaternary », Suguio, Fairchild, Martin et Flexor ed. : 264-274, São Paulo.
- TRICART (J.), CARDOSO DA SILVA (T.), 1968. — Estudos de Geomorfologia da Bahia e Sergipe. Publ. da Fundação para o Desenvolvimento da Ciência na Bahia, 167 p., Salvador.
- VILAS BOAS (G. S.), MARTIN (L.), BITTENCOURT (A. C. S. P.), FLEXOR (J. M.), 1979. — Paleogeographic and paleoclimatic evolution during the Quaternary in the northern half of the coast of the State of Bahia, Brazil. Proceedings of the « 1978 International symposium on coastal evolution in the Quaternary », Suguio, Fairchild, Martin et Flexor ed. : 254-263, São Paulo.