

COMPTE-RENDU DU COLLOQUE UNESCO SUR LES PROBLÈMES SCIENTIFIQUES DES DELTAS DE LA ZONE TROPICALE HUMIDE ET LEURS APPLICATIONS

DACCA (Pakistan Oriental) - 24 février - 2 mars 1964

J. HERVIEU

I.R.S.M. Tananarive

Ce colloque avait pour but d'étudier les problèmes relatifs à un milieu naturel assez bien délimité : celui des deltas, particulièrement en zone tropicale humide. En fait, étant donné les multiples points de vue sous lesquels il pouvait être abordé, le sujet s'est révélé encore trop vaste pour qu'on en puisse cerner tous les aspects en quelques jours.

Une grande part des communications avaient trait au milieu physique deltaïque : hydrologie, géomorphologie, sédimentation et pédologie. De nombreux auteurs ont également abordé les problèmes concernant la végétation, la biologie (faune et pêches) et les incidences de la mise en valeur des zones deltaïques sur les problèmes socio-économiques. Nous parlerons surtout des communications concernant le milieu physique naturel.

Trente-six délégués ont participé à ce Colloque en provenance de différents pays : Pakistan, Allemagne, Belgique, Brésil, Ceylan, France, Hollande, Inde, Indonésie, Japon, Etats-Unis, Hawaï, Madagascar, Malaisie, Nigéria, Nouvelle Zélande, République Arabe Unie, U.R.S.S., Sud-Vietnam, Suisse, Thaïlande, ainsi que des observateurs des grands organismes internationaux : FAO, OMS, ECAFE, etc...

55 Communications ont été présentées, qu'on peut grouper dans les chapitres suivants :

A. — METHODES GENERALES DE RECHERCHES

Le Pr. J. TRICART a montré par quelques exemples l'intérêt des études géomorphologiques dans les deltas et les services qu'on pouvait en attendre. Dans le delta du Sénégal le niveau maximum dunkerquien de la transgression flandrienne ne présente pas de déformations appréciables alors que le niveau ouljien (dernier interglaciaire) est un peu déprimé : la principale période d'affaissement serait préouljienne, ce qui rendrait d'ailleurs compte de l'extension et de l'épaisseur des dépôts de cette période.

En zone tropicale humide d'Afrique occidentale on a pu établir l'existence de périodes plus sèches que l'actuelle (à trois reprises au cours du quaternaire) et à climat plus agressif pendant lesquelles des apports considérables de débris ont favorisé la construction de deltas et de cordons littoraux.

Sur le littoral du Brésil oriental, la diminution post-dunkerquienne des apports terrestres se traduit par une régularisation de la côte avec recouplement des anciens deltas plus proéminents.

Ainsi les oscillations climatiques rythment l'arrivée et commandent les faciès des apports terrestres.

H. TH. VERSTAPPEN a montré l'intérêt des photographies aériennes dans les études de delta. En particulier l'intensité des teintes en noir et blanc peut fournir des renseignements sur le matériau en suspension dans les estuaires et les courants. La photographie renseigne sur les changements de la ligne côtière et des distributaires : ainsi la croissance du Delta de la Rivière Dolo (E. Java) a été estimée à 3.600 m de 1915 à 1936, et à 800 m de 1936 à 1943. Dans un but similaire, des photographies de la côte allemande sont faites au 1/5.000 à intervalles réguliers. La combinaison de photos infra-rouge à marée haute, et de photos en couleurs à marée basse est la solution idéale pour étudier les zones littorales. On a même tenté des mesures de courants en photographiant des flotteurs à intervalles réguliers. Mais l'interprétation dynamique des formes reste l'aspect essentiel de l'emploi des photographies aériennes.

B. — SEDIMENTOLOGIE

Le Pr. L.J. TISON a montré, en s'appuyant sur des considérations hydrodynamiques, que les dépôts en surélévation le long des cours d'eau en mer sont surtout constitués par des matériaux grossiers à stratifications entrecroisées non horizontales par suite de la variation de courants ascendants. Dans les deltas, le danger de rupture des digues diminue (pentes plus faibles) quand la finesse des matériaux transportés augmente. Par ailleurs, la formation des bras étant due à la rupture de digues naturelles, l'auteur a démontré qu'au point de rupture les trajectoires principales des courants sont nécessairement ascendantes et par suite la plus grande partie du débit solide passera dans le nouveau chenal qui aura tendance à se combler, en s'allongeant et en diminuant sa pente. Le delta du Mississipi permet d'illustrer ces considérations théoriques.

Le contact entre eaux douces et salines dans les estuaires a une influence considérable sur les phénomènes de sédimentation : dans le cas de mélange faible à l'interface, un « coin salé » avancera et reculera sous les eaux douces de l'estuaire (cas des mers sans ou à faible marées). Outre les phénomènes de floculation, la sédimentation est maximum dans la zone de l'interface où les vitesses sont généralement réduites. Dans le cas de mélange des eaux plus accentué, on observe un accroissement progressif de la salinité et dans le cas de fort mélange les « isohalines » peuvent devenir presque verticales : on peut aussi en déduire la distribution de la salinité et ses effets sur la sédimentation. Enfin les courants littoraux (courants de marée ou courants océaniques) peuvent amener dans certains estuaires des quantités notables de sédiments d'origine marine.

A.J. DE GROOT a fait part d'une méthode d'étude de l'origine et du transport des sédiments (fraction $< 16 \mu$) par dosage du manganèse, lequel a tendance à s'accumuler dans les fractions fines sous forme d'oxydes insolubles. Il existe une relation linéaire entre les teneurs en Mg et la fraction $< 16 \mu$, aussi longtemps que l'origine des sédiments et l'environnement du dépôt sont les mêmes. Cette méthode a été appliquée aux sédiments de l'Amazone et de la rivière Chao Phya (Thaïlande).

Nous avons montré que les principaux caractères texturaux et minéralogiques des sédiments du Delta du Mangoky (Sud-Ouest de Madagascar) pouvaient être reliés aux milieux de sédimentation d'une part, à l'origine des apports d'autre part. Ainsi la prédominance de l'association amphibole, grenat, muscovite dans les minéraux lourds de la fraction sableuse, et de l'association montmorillonite, Kaolinite, Illite dans la fraction argileuse sont liées à la nature du bassin versant et aux caractères de l'altération dans celui-ci (héritage). Les « faciès » granulométriques de A. Rivière caractérisent bien certains milieux de sédimentation. L'influence du bassin versant et du climat dans les caractères de la sédimentation deltaïque paraît ici primordiale.

C. — PEDOLOGIE

L'influence du bassin versant dans les caractères des sédiments a d'ailleurs été rarement abordée, bien qu'elle ait souvent des conséquences importantes pour la formation et l'évolution du milieu deltaïque, et par suite pour les caractères pédologiques. Beaucoup d'orateurs ont eu tendance, semble-t-il, à considérer dans de nombreux cas, les dépôts alluviaux récents et actuels comme un véritable « engrais » naturel sans considération de texture, matière minéralogique, évolutions biologique et structurale.

Les travaux de cartographie systématique des sols au Pakistan Oriental n'en sont encore qu'à leur début : une reconnaissance des sols du pays est en cours, avec le concours de la FAO.

Le Dr. M. AMIRUL ISLAM a présenté une description d'ensemble des sols du Pakistan Oriental, groupés selon 3 grandes unités morphologiques : régions montagneuses, alluvions anciennes (Pleistocène), alluvions récentes. Les sols sur alluvions anciennes présentent une évolution ferrallitique plus ou moins poussée avec souvent des phénomènes d'hydromorphie. Les alluvions récentes ont été déposées par le Gange (delta ancien (partie occidentale) et delta actif), la rivière Teesta (Nord du Bengale), le Brahmapoutre, les rivières Padma et Meghna (sols jeunes). Une partie du delta du Bengale est soumise à l'inondation des eaux salées aux grandes marées (sols organiques, à sulfures, argileux). Les dépôts très récents ou « chars » constituent des sols fertiles. Les cuvettes fermées appelées localement « beels » restent souvent inondées : les plus grandes d'entre elles sont dues sans doute à une subsidence. Les sols « Kosh » qui sont fréquents dans les surfaces récupérées après endiguement, présentent les caractères des sols acides à sulfates. Bien que les sols alluviaux récents soient habituellement considérés comme fertiles, l'utilisation des engrais peut augmenter de 50 à 100 % les rendements en riz, et de plus de 100 % les rendements en canne à sucre. La réponse aux engrais azotés et phosphoriques est très bonne. Les inondations restent le problème essentiel : un organisme particulier est chargé des aménagements (East Pakistan Water and Power Development Authority). La construction de 2.800 miles de digues est à l'étude ainsi que la création de 73 polders.

Le Prof. A.Q. KARIM a donné un certain nombre de résultats d'analyses physico-chimiques sur les sols du Pakistan Oriental classés selon les grandes unités citées ci-dessus, mais il n'est pas encore possible de relier ces caractères à des types génétiques de sols bien déterminés, faute de classification suffisamment détaillée.

F.R. MOORMANN a défini dans un article de synthèse les caractères des sols acides à sulfates (« cat-clays ») dont un type de profil fréquemment observé dans les deltas est le suivant :

- 0 - 25/50 cm : Noirâtre à brun gris foncé, humifère, très argileux, souvent avec des taches rougeâtres.
60 - 250 cm : (Horizons intermédiaires d'épaisseur variable), grisâtre, très argileux, avec taches et dépôts jaunes de sulfate ferrique abondants. Le terme « argile à chat » correspond à ce matériel tacheté de jaune.

Le sous-sol, également très argileux, est brun gris, saturé d'eau, très plastique : ce matériel non encore oxydé et qui n'a pas nécessairement un pH bas, a été appelé « mud-clay ». Des variations dans la texture, l'épaisseur des horizons, le sous-sol, sont fréquentes. La plupart des matériaux oxydés ont le plus souvent un pH inférieur à 4,5, entre 1 et 1,5 dans les cas extrêmes. Le pH est en outre soumis à d'importantes variations saisonnières, avoisinant la neutralité durant les inondations en saison des pluies.

Les phases de formation de ce type de sol sont les suivantes :

a) Réduction des sulfates lors du recouvrement par les eaux salées (processus biochimiques anaérobies en présence de matières organiques).

b) Les sulfures ainsi formés donnent avec les composés du fer des monosulfures (FES) puis des polysulfures plus stables (pyrites). Dans les « mud-clay » le processus s'arrête à ce stade.

Par oxydation et en l'absence d'une importante quantité de calcaire, les phases suivantes ont lieu :

c) Les sulfures sont oxydés à l'air avec formation de sulfates ferriques et d'acide sulfurique. (D'après HART les sulfures se transforment chimiquement en soufre lequel est oxydé par les bactéries (*Thiobacillus thio-oxidans*.)

d) Quand l'acide sulfurique n'est pas rapidement lessivé, il réagit avec les minéraux argileux pour former des sulfates d'aluminium, caractéristiques de ces sols sous les tropiques. Dans ces régions la formation de ces sols est favorisée par les faibles teneurs en calcaire des sédiments, en particulier dans les zones de mangrove et surtout dans les zones marécageuses ou lagunaires inondées par des eaux saumâtres (exemple : *la Plaine des Joncs au Sud Vietnam*).

La valeur agricole des sols sulfatés acides est souvent médiocre : pour leur mise en valeur, le chaulage, combiné avec l'application d'engrais, est indispensable.

Le Pr. H. SIOLI distingue dans l'estuaire de l'Amazonie deux grands types de formations : la « terre ferme » et les terres alluviales inondables appelées « varzea ».

Les sols de la terre ferme sont des sols latéritiques, souvent indurés (« canga »), forestés à l'état naturel, de fertilité très faible. On observe aussi dans cette zone des régosols ou des podzols sur anciens cordons littoraux ou anciennes dunes.

Les sols alluviaux récents sont les plus fertiles : ce sont le plus souvent des sols hydromorphes à gley, à réaction acide.

Enfin dans le Bas-Mangoky à Madagascar, nous avons montré comment les caractéristiques texturales et minéralogiques des sédiments influencent la stabilité structurale, l'aptitude à l'irrigation, la fertilité naturelle et l'évolution des sols. C'est dans les sédiments que la différenciation et l'évolution pédogénétique sont les plus nettes, en particulier pour des raisons de drainage.

D. — HYDROLOGIE

Sur ce sujet il faut d'abord mentionner plusieurs communications sur les actions réciproques des eaux fluviales et marines et leurs conséquences sédimentologiques :

— P. SANTENA a fait un exposé général sur les effets des marées, des vagues, des courants côtiers et des raz-de-marées dans les deltas.

— V.N. MIKHAILOV a étudié d'après des observations de terrain et sur modèles réduits les facteurs de formation des barres d'estuaires, en particulier en fonction de la répartition des vitesses des courants fluviaux et du débit solide.

Les facteurs météorologiques, en particulier au Pakistan oriental, ont fait également l'objet d'exposés généraux ainsi que l'utilisation au laboratoire de modèles réduits hydrauliques.

L'étude de la nappe dans les surfaces deltaïques a donné lieu également à plusieurs communications : en particulier :

A. VOLKER a traité des relations entre l'hydrologie fluviale et l'hydrologie de surface des aires deltaïques, surtout dans les régions où le contrôle de l'eau n'est pas encore réalisé, avec des exemples pris en Inde et Pakistan (Gange), en Birmanie (Irrawaddy), en Thaïlande (Chao Phya), au Vietnam (Mekong) et aux Philippines (Pampanga). Une subdivision dans les types d'inondations peut être faite en fonction de l'action comparée des marées et du courant fluvial, représentée graphiquement par le profil longitudinal des crues d'une part, des niveaux de hautes et basses mers d'autre part : il est alors possible de déterminer les surfaces où l'un ou l'autre de ces facteurs prédomine et par suite les mesures de protection.

Citons également une étude générale de I.L. HUISMAN sur la nappe phréatique dans les deltas, et un exposé mathématique de M. SCHOELLER sur les lois qui gouvernent l'accroissement de la salure dans les eaux de nappes deltaïques : il existe des relations entre la teneur en chlore, le taux d'évaporation, la distance parcourue, la vitesse et tout particulièrement la perméabilité avec modifications de la composition chimique par concentration.

E. — ETUDES DESCRIPTIVES REGIONALES

Nous ne pouvons ici qu'énumérer les principales zones deltaïques qui ont fait l'objet d'études particulières, ayant trait le plus souvent à la morphologie et aux variations dans le temps de la zone littorale des deltas : le fleuve Irrawaddy en Birmanie, le Gange en Inde et Pakistan Oriental, le delta de l'Amazone, les plaines du Tcho Chui Tchi en Chine et du Tcho Phya en Thaïlande, les deltas de Kalimantan (Indonésie), les grands deltas de l'U.R.S.S. et même le delta du Rhône.

Une des communications les plus intéressantes fut la tentative de classification des deltas tropicaux faite par A. VOLKER. L'auteur, après avoir distingué classifications descriptives d'une part, génétiques ou causales d'autre part, classe les facteurs de formation reliés au bassin de réception ou au bassin versant. Il étudie les classifications existantes (VON HUMBOLDT, LEYLL, GULLIVER) et rappelle les classifications d'après la forme du front deltaïque ou la répartition des distributaires.

La classification de BATES et SAMOJLOV basée sur le rapport entre les densités de l'eau des crues et de l'eau dans le bassin de réception fournit une bonne base génétique mais les aspects géomorphologiques des deltas sont également fortement influencés par la charge en sédiments, l'amplitude des marées et le mode d'inondation. En fait tous les deltas océaniques ou de mers intérieures appartiennent au groupe où les eaux de crue ont une plus faible densité.

Faute de pouvoir tenir compte de tous les facteurs de formation possibles, il semble que la pente longitudinale du delta constitue un bon critère génétique, celle-ci pouvant varier entre 5 m pour 10 km et 1 m pour 100 km.

A. VOLKER propose une classification hydrologique avec 3 groupes essentiels de facteurs : bassin de réception — régime hydrologique des apports — climat. Bien que déjà très complète, cette classification, à notre avis, ne tient pas encore assez compte de l'influence du bassin versant et des conditions morphologiques qui y règnent.

Dans les disciplines biologiques 8 communications ont eu trait à l'étude de types de végétation en pays deltaïques et à l'influence de la végétation sur la sédimentation; 5 communications ont abordé le problème de la pêche et de la biologie des estuaires.

Enfin signalons dans le domaine socio-économique plusieurs exposés généraux sur la population du Pakistan Oriental, l'utilisation du sol et les problèmes de la lutte contre les inondations et de l'aménagement agricole dans le delta du Bengale, et leurs conséquences du point de vue social.

Une excursion en bateau de 3 jours dans la partie méridionale du Delta du Gange a permis aux délégués d'observer le paysage caractéristique fluvio-marin des forêts littorales du Sundarban qui s'étend sur plus de 100 km à l'intérieur de la Baie du Bengale, ainsi que la zone alluviale côtière soumise encore aux influences des marées, très occupée par l'homme et dont le principal centre est la ville de Khulna.

Rappelons que le Delta du Gange couvre environ 25.000 miles carrés (plus grand que la Hollande et la Belgique réunies) dont 80 % sont situés au Pakistan Oriental.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE DE PÉDOLOGIE

rédigé par

LA SECTION DE PÉDOLOGIE
DE L'O.R.S.T.O.M.

Tome XIII — Fascicule 3
3^e trimestre 1964

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Direction Générale :
24, rue Bayard, PARIS-8^e

Service Central de Documentation :
80, route d'Aulnay, BONDY (Seine)

Rédaction du Bulletin : C. S. T., 80, route d'Aulnay, BONDY (Seine)