ASPECTS HYDROLOGIQUES DANS "L'ETUDE DE CAS" DU DELTA DU DANUBE

Constantin BONDAR

Institut National de Météorologie et Hydrologie
97, Sos. Bucuresti-Ploiesti, Bucarest, Roumanie
Tel: 40-1-6793240, 6333540

Résumé: Le développement des activités humaines dans le Delta du Danube a des effets défavorables sur les systèmes biotiques et abiotiques du Delta. L'auteur présente une analyse de l'évolution en temps des causes qui ont déterminé la situation actuelle du Delta du Danube; il expose le stade actuel des principales composantes du régime hydrologique, en analysant les implications du régime hydrologique du Delta sur l'écologie et les conditions économiques et sociales du Delta du Danube.

Key words: régime hydrologique, changements climatiques, facteurs anthropiques.

A. Depuis sa genèse, le Delta du Danube s'est développé naturellement jusqu'à la moitié du XIX-ème siècle, moment où les premières influences anthropiques dues au commencement de la valorisation de ses ressources naturelles ont commencé. Le développement des activités humaines sur la surface du Delta du Danube, réalisées premièrement de manière extensive jusqu'à la deuxième guerre mondiale, et puis de manière intensive après la guerre, ont déterminé l'apparition des changements des processus et phénomènes naturels du Delta du Danube, aux effets défavorables reflétés sur les systèmes biotiques et abiotiques du Delta..

A la base des changements produits dans le Delta du Danube il y a des causes naturelles et anthropiques de la zone et de son extérieur qui sont affecté particulièrement l'état physique du Delta, son régime hydrologique et implicitement son régime biologique et écologique.

Pour connaître objectivement le degré d'impact des aménagements et de l'exploitation des ressources naturelles du Delta du Danube, l'auteur présent succinctement un inventaire et une analyse des l'évolution en temps des effets et des causes qui ont engendré les situations actuelles du Delta du Danube.

Depuis plus de 150 années on a commencé les activités économiques de valorisation des ressources naturelles du Delta du Danube. Simultanément on a commencé aussi les activités de connaissance du cadre naturel du Delta du Danube sur le divers domaines l'hydrologie étant la plus vieille préoccupation, avec le fond de données le plus volumineux et complète pour la connaissance du Delta, accumulées en partant de l'année 1830 dans le domaine de la hydrographie, de 1836 dans le domaine des glaces et des 1858

dans le domaine des niveaux, des débits d'eau et des alluvions.

Ultérieurement, mais pas trop tard et aussi dans le XIX-ème siècle on a commencé l'étude du climat et des autres composants du régime hydrologique du Delta du Danube. Par le soins du Service National d'Hydrologie, l'entier fond de données accumulées en temps par des diverses institutions nationales et internationales, ont été centralisées et systematisées dans la banque des données hydrologique de l'Institut National de Météorologie et Hydrologie de Roumanie. Sur la base de cetttes données traitées et analysées critiquement, on a obtenu une série de connaissances relatives au passé, au présent et au tendances naturelles et sous les influences anthropiques par quelles le régime hydrologique du Delta du Danube passe en évoluant de suite.

La présente communication expose succinctement et de manière globale le stade actuel atteint par l'évolution temporelle des principales composantes du régime hydrologique du Delta du Danube. En même temps on a eu aussi en vue la présentation succinte dans la communication des facteurs anthropiques qui ont exercé leur impact sur le régime hydrologique du Delta du Danube.

A la fin du travail on présente de manière globale une série de considérations et d'aspects relatifs aux implications du régime hydrologique du Delta, sur l'écologie et les conditions économiques et sociales du Delta du Danube, avec quelques propositions générales de redressement du régime hydrologique.

B. La domination du milieu aquatique dans le Delta du Danube fait que les factures hydrologiques aient un rôle global prépondérant dans l'écologie du Delta du Danube, l'eau et les

alluvions transportées et versées par le fleuve Danube dans la Mer Noire, en constituant la source de formation du Delta du Danube et le milieu de production et l'existence des phénomènes naturels diverses, biotiques et abiotiques. Sous cet aspect, à côté de l'impact produit dans le Delta du Danube par les causes anthropiques et naturelles sur les diverses formes de vie (faune et flore) et sur l'état physique du Delta, l'hydrologie même a aussi souffert une série de changements qui se sont reflétés de manière globale sur tous les autres processus naturels du Delta du Danube. Ainsi, à la suite des aménagements réalisés et de l'exploitation intensive des ressources naturelles du Delta, ainsi que dû aux influences d'amont, un dérèglement général du régime hydrologique du Delta du Danube s'est produit, manifesté en principal par les deux formes de dérèglement suivantes:

- dérèglement du réseau hydrographique, de l'écoulement et de la circulation de l'eau, des alluvions, des sels et de la biomasse, sur les bras principaux et à l'intérieur du Delta du Danube, et
- dérèglement des processus morphologiques intérieurs et périphériques au Delta du Danube.

1. Les effets du dérèglement du réseau hydrographique et de la circulation de l'eau se sont reflétés dans les modifications de la structure du réseau hydrographique, de la répartition de l'écoulement des 4 composantes de la masse de l'eau sur les bras principaux, la modification en temps de la minéralisation de l'eau, la modification de l'alimentation en eau, alluvions, sels et biomasse de l'intérieur du Delta du Danube, la modification de la distribution de l'eau, des alluvions, des sels et de la biomasse sur la surface du Delta du Danube, ainsi que la modification des propriétés physiques de l'eau (de la transparence et de la couleur).

À l'entrée dans le Delta, l'écoulement d'eau du Danube, contrairement à l'augmentation des utilisations, tend à diminuer en temps. Le taux d'augmentation annuelle du débit moyen d'eau du Danube à l'entrée dans le Delta, est d'environ 4 mc/s en comparaison avec la moyenne multiannuelle (1840-1990) de l'écoulement d'eau évalué à un débit d'eau égal avec environ 6283 mc/s. Il y a une tendance de modification en temps de la répartition moyenne de l'écoulement d'eau sur les trois bras principaux du Delta du Danube. Au niveau de l'année 1990 la moyenne de l'écoulement d'eau sur le bras Chilia a baissé à 55% (de 63% comme elle était avant) avec la tendance de diminution de suite à l'avantage du bras Tulcea et des bras Sulina et Sf. Gheorghe. On peut attendre des nouveaux changements de la répartition de l'écoulement d'eau sur les bras du Delta du Danube à la suite de l'exécution des travaux de rectification du tracé du bras Sf. Gheorghe.

Des bras principaux, les eaux du Danube entrent à l'intérieur du Delta du Danube par des canaux et des ruisseaux, ainsi que par des déversements au-dessus des bords naturels quand les débits d'eau du Danube, unique à l'entrée dans le Delta dépassent 9100 mc/s. Le volume moyen d'eau qu'on peut accumuler dans la cuvette de Delta du Danube est d'environ 5.09 kmc. À la suite des prélèvements d'eau du canal et du déversement au-dessous des bords des hautes eaux, l'écoulement d'eau est irrégulier tout le long des bras principaux avec des influences néfastes sur la circulation générale d'eau et des alluvions. Sur son tracé jusqu'à la Mer Noire, le Danube cède de l'eau au Delta du Danube, évaluée pendant la dernière décennie (1980-1989) à un débit moyen d'environ 620 mc/s (en comparaison avec 167 mc/s - la moyenne sur les années 1858-1990) qui traverse l'intérieur du Delta du Danube et rejoint partiellement (environ 503 mc/s) dans la Mer Noire sur le contour littoral par une série de canaux et de ruisseaux naturels. Conformément à ces données, il résulte qu'en moyenne dans le passé, pendant une année, le volume d'eau du Delta du Danube était remplacé une seule fois, tandis qu'à présent celui-ci est remplacé d'environ 3 fois.

À présent, le réseau de canaux magistraux qui introduisent et distribuent l'eau dans le reste des canaux et des ruisseaux à l'intérieur du Delta du Danube, a une longueur de plus de 300 km. Par ces canaux entre chaque année dans le Delta du Danube un débit moyen d'eau égal avec 350 mc/s environ, desquels 194 mc/s dans la zone du Delta comprise entre les bras Chilia, Tulcea et Sulina, environ 79 mc/s dans la zone du Delta comprise entre les bras Sulina et Sf. Gheorghe, et environ 80 mc/s dans la zone du sud du bras Sf. Gheorghe (dépression Dranov Razelm).

L'écoulement des alluvions du Danube à l'entrée dans le Delta tend à diminuer en temps à la suite de l'aménagement des bassins hydrographiques et du lit du Danube. Le taux de diminution annuelle du débit moyen d'alluvions est d'environ 8.3 kg/s en comparaison avec la moyenne multiannuelle (1840-1990) de l'écoulement d'alluvions évalué à 1737 kg/s (54.8 mil.t/an). La concentration des alluvions décroît en temps de manière correspondante. Simultanément avec les eaux du Danube, dans le Delta entrent aussi des alluvions par les canaux magistraux estimées à un débit moyen annuel d'environ 46 kg/s (1 430 600 t/an) desquels environ 27 kg/s (862 000 t/an) dans la zone du Delta comprise entre les bras Chilia, Tulcea et Sulina, environ 12 kg/s (379 000 t/an) dans la zone du Delta comprise entre les bras Sulina et Sf. Gheorghe et environ 7 kg/s (216 000 t/an) dans la zone du Delta située au sud du bras Sf. Gheorghe.

La pénétration des alluvions dans l'intérieur du Delta du Danube présente la caractéristique de

réduction de la concentration au fur et à mesure de leur pénétration dans le Delta, avec des répercussions sur le colmatage des canaux et des dépressions de transit, ainsi que sur les caractéristiques physiques de l'eau.

La thermique de l'eau du Danube et du Delta reste approximativement constante avec des petites tendances de diminution des extrêmes. Les glaces sous forme de glaçons et de pont ont la tendance de diminuer leur durée d'existence dans les mois froids de l'année (XII, I et II). Le taux annuel de diminution de la durée des glaces du Danube à l'entrée dans le Delta est d'environ 0.12 jours en comparaison avec la durée moyenne multiannuelle des glaçons, à présent égale avec 36 jours/an.

Les contenus des sels dissouts dans l'eau du Danube augmente en temps dû à la chimification de l'agriculture, à l'industrialisation et à l'urbanisation. Dans l'intervalle des années 1840-1990 la minéralisation de l'eau du Danube à l'entrée dans le Delta a augmenté à partir d'environ 170 mg/l pendant la période 1858-1920 en arrivant jusqu'à environ 210 mg/l pendant les années 1901-1920 en arrivant jusqu'à environ 426 mg/l dans la dernière décennie (1980-1990). Sur son tracé jusqu'à la Mer Noire, le Danube cédait, avant, au Delta du Danube un débit de sels d'environ 29 kg/s pendant l'intervalle 1850-1900, d'environ 30 kg/s pendant les années 1901-1921, arrivant jusqu'à 264 kg/s pendant la dernière décennie (1980-1989) en influençant sensiblement les conditions de vie dans l'eau.

2. A leur tour, les effets du déréglage des processus morphologiques intérieurs et périphériques ont conduit aux colmatages focés des diverses dépressions hydrographiques de l'intérieur du Delta du Danube, l'érosion et l'activité exagérée des certaines portions du réseaux hydrographique du Delta, ainsi que la création d'un bilan morphologique littoral déficitaire avec des répercussions économiques négatives. Ainsi, les travaux hydrotechniques d'aménagement du Delta, effectués récemment, ainsi que les tendances de modification du régime hydrologique du Danube à l'entrée dans le Delta ont changé sensiblement le régime de transit de l'eau et des alluvions sur les bras et par l'intérieur du Delta en modifiant de manière correspondante tant les conditions de colmatage du Delta que les conditions de développement de la zone maritime afférente. A ces états de fait on a ajouté aussi la négligence de l'effectuation à temps de quelques travaux d'entretien et conservation des bords du canal Sulina qui s'est élargi et approfondi considérablement à la suite de la circulation intense des navires maritimes avec des vitesses excessivement grandes et pas contrôlées. En

même temps les bras Chilia et Sf. Gheorghe trouvé jusqu'il y a un court temps dans un état relativement naturel, ont resté sans modifications sensibles du point de vue morphologique.

Dû à la diminution en temps de l'écoulement d'alluvions du Danube à l'embouchure, ainsi que dû à la prolongation dans la mer des digues de l'embouchure du canal Sulina, ainsi qu'au phénomène naturel de formation de l'île Sacalin au sud de l'embouchure dans la mer du bras Sf. Gheorghe, tout au long du bord de la mer afférent à la zone littorale du Delta entre Sulina et le localité Vadu, les processus d'érosion se sont généralisés, le bilan morphologique du bord devenant déficitaire avec la perte annuelle d'environ 51 ha une ferme. A la suite des mêmes causes, le versant sousmarin général du Delta du Danube, compris entre le bord et l'isobathe de 10 m profondeur a ralenti son avancement vers le large d'un taux de 54 m/an pendant la période 1870-1930 jusqu'à un taux de 10 m/an pendant la période des années 1930-1970. La même chose pour le Delta secondaire Chilia, dont le taux d'avancement vers le large du versant sousmarin a baissé de 70 m/an pendant la période 1870-1930 à 30 m/an pendant la période des années 1930-1970.

Concernant la dynamique morphologique littorale du Delta du Danube, on précise le fait que, à la suite des estimations effectuées sur la base du bilan morphologique jusqu'à l'isobathe de 10 m profondeur, il y résulte que les vagues et les courants de la Mer Noire entraînent chaque année vers le sud une quantité moyenne d'environ 69 mil. tonnes de sédiments littoraux. Compte tenu de la tendance de réduction continue de la contribution d'alluvions danubiennes dans la Mer Noire, des estimations résulte que pendant les années 2000-2020 l'érosion marine dépassera les dépôts alluvionnaires danubiens, en réalisant des érosions littorales sur tout le versant soumarin côtier du Delta du Danube jusqu'à la profondeur de 10 m.

3. Sous l'influence globale des changements climatiques sur la Terre, dû à la fonte lente des calottes glaciaires polaires, une lente augmentation du niveau de l'Océan Planétaire se produit, avec des répercussions correspondantes dans toutes les mers, y compris la Mer Noire. Le traitement correspondant des données des mesurages de niveaux effectués pendant longtemps sur le littoral roumain de la Mer Noire dans les points Sulina et Constanta montre que celles-ci montent avec un taux annuel de 28 mm. Dans le cas du port et de la ville de Sulina, cette augmentation du niveau moyen de l'eau est plus grande dû à l'influence de remous produite par la prolongation dans le large de la mer des digues de l'embouchure du canal Sulina.

C. Parmi les facteurs anthropiques qui ont influencé fortement les changements du Delta du Danube, on mentionne les aménagements hydrotechniques du Delta et d'amont, du Danube et des bassins hydrographiques des affluents du Danube, ainsi que le développement économique industriel, agricole et urbain du delta et du bassin danubien. A l'action des facteurs anthropiques on ajoute l'action globale des facteurs naturels (les changements climatiques, l'augmentation du niveau moyen de l'Océan Planétaire) qui ont mis leur empreinte aussi dans l'évolution du Delta du Danube.

Dès la moitié du siècle passé le régime hydrologique naturel du Delta du Danube a été influencé et modifié par les activités humaines développées pour la valorisation des ressources naturelles du Delta. A celles-ci on a ajouté ultérieurement (après l'année 1902) d'autres travaux effectués sur le territoire du Delta du Danube pendant la période entre les guerres, ainsi que les aménagements hors du Delta (en amont) réalisés dans la prairie Danube, dans le lit du Danube et dans les bassins hydrographiques des principaux affluents du Danube, la plupart étant exécuté après la guerre.

Parmi ceux-ci, on mentionne les suivantes:

1. Les aménagements du siècle passé pour la navigation maritime sur les bras du Delta du Danube aux effets radicaux sur le régime hydrologique des bras du Delta et de la côte afférente au littoral du Delta. Ces aménagements ont consisté en calibrages de largeur des lits des bras Sulina et Tulcea, ainsi qu'en connections de tracés du lit du bras Sulina sur 34 km qui ont diminué la longueur du bras respectif avec environ 21 km.

2. Les aménagements roseau-piscicoles, agricoles et pour la navigation de l'intérieur du Delta, avec des effets sensibles sur le régime hydrologique de l'intérieur du Delta du Danube. Si jusqu'à 1948 la surface des aménagements hydrotechniques, agricoles et roseau-piscicoles dans le Delta du Danube ne dépassent pas environ 13 770 ha, en 1992 les surfaces de ces aménagements atteignent la valeur d'environ 111 370 ha. Comparatif à l'entière surface du Delta du Danube avec des schores et des réseaux d'environ 323 000 ha, les enceintes endiguées occupent à présent environ 34.5%.

Entre les années 1956 et 1964 on a exécuté dans le Delta du Danube plus de 700 km de différents canaux. Au niveau de l'année 1990 la longueur des canaux magistraux du Delta utilisés pour la navigation dépasse 300 km.

Ainsi le réseau hydrographique naturel du Delta du Danube a été affecté par la construction sur son territoire d'un réseau artificiel de canaux d'environ 1000 km longueur pour de divers buts, sans une consolidation correspondante, qui ont déterminé

une circulation non-côntrolée de l'eau et des alluvions à l'intérieur du Delta du Danube.

Les travaux en train d'achèvement de régularisation du bras Sf. Gheorghe ont apporté et détermineront de suite une série d'influences sur le réseau hydrographique du sud du Delta du Danube.

3. Les aménagements hydrotechniques agricoles, énergétiques et de navigation du lit du Danube et des bassins hydrographiques des affluents en amont du Delta, aux effets globaux directs sur le régime hydrologique du Danube, et de l'entier littoral maritime. Jusqu'en 1970 on a aménagé la prairie inondable du Danube du secteur roumain de frontière, en surface totale d'environ 567 000 ha sur une tracé long d'environ 830 km sur tous les deux bords. Dans des buts énergétiques on a barré les lits du Danube et des principaux affluents, en exerçant une influence radicale de diminution de l'écoulement des alluvions en aval.

4. L'industrialisation, l'urbanisation et la chimification de l'agriculture, aux effets globaux directs sur l'augmentation de la minéralisation et de l'impurification de l'eau du Danube.

Dû à ces travaux, les composantes principales du régime hydrologique du Delta du Danube ont souffert une série de changements exposés antérieurement dans le travail.

D. Sous aspect écologique, la modification du régime hydrologique du Delta du Danube s'est reflété sévèrement sur les conditions de vie des animaux et des plantes aquatiques. L'augmentation de la minéralisation de l'eau et la modification de la composition ionique des sels dissoute dans l'eau du Danube, ainsi que la modification des propriétés physique de l'eau ont conduit à des modifications défavorables des conditions d'existence de la vie aquatique en influençant de manière défavorable tous les niveaux d'habitat aquatique et aérien.

La modification du réseau hydrographique du Delta du Danube par la construction de canaux a conduit à l'émiettement du territoire du Delta en rendant difficiles une série d'activités économiques de transport et circulation terrestre tout au long des bras, des schorres et du bord de la Mer Noire. De même, dû aux mêmes causes, une série d'activités piscicoles, agricoles et zootechniques d'intérêt local ont diminué, engendrant l'exode de la population rurale vers des zones avec des conditions favorables aux activités traditionnelles. La réalisation des constructions ultérieurement abandonnées a altéré le cadre naturel du Delta du Danube.

E. Par les activités intensives et extensives de valorisation des ressources naturelles du Delta du Danube, on a arrivé à la situation actuelle dans laquelle le cadre naturel du Delta a été fortement

affecté par des changements aux effets défavorables sur le régime hydrologique et sur l'écologie du Delta. A l'égard des aspects présentés, concernant l'évolution en temps du régime hydrologique du Delta du Danube sous les influences naturelles et anthropiques, on mentionne le fait qu'à la situation précaire créée au régime hydrologique du Delta du Danube on a arrivé par l'accélération de l'aménagement forcé du cadre naturel dans des buts économiques sans accorder l'attention méritée à la consolidation des décisions et des solutions en vue de la connaissance des conséquences de ces aménagements. En poursuivant de préférence les profits, les recherches dans la nature pour connaître les processus de la circulation de l'eau, des alluvions et des sels dans le Delta et sur le littoral, sous l'influence des travaux d'aménagements ont été négligées, en promouvant seulement les recherches nécessaires à l'optimisation des solutions techniques "elles-mêmes" sans la poursuite d'autres aspects d'intérêt concernant le cadre naturel sous l'impact anthropique.

Les aspects énoncés ci-dessus mettent en évidence la nécessité de l'élaboration d'une étude de cas du Delta du Danube où, l'hydrologie doit être la première à être traitée. L'élaboration de l'étude du cas du Delta du Danube permettra le diagnostic de toutes les "blessures" du Delta, en vue de l'adoption des mesures correspondantes de traitement et redressement.

Compte tenu de celles montrées ci-dessus on expose de suite quelques recommandations à suivre pour le redressement hydrologique du Delta du Danube:

1. Régularisation de l'écoulement des eaux et des alluvions sur les bras principaux, en vue d'assurer le contrôle et la continuité de transit

de l'eau et d'alluvions au long des tracés des bras respectifs pour conserver les lits.

2. Régularisation de l'introduction à l'intérieur du Delta des eaux et des alluvions du Danube en assurant de manière contrôlée le nécessaire optimal d'eau, alluvions et sels pour le développement harmonieux des écosystèmes.

3. La consolidation sur des bases scientifiques complexes de tout travail d'aménagement dans le Delta en vue de garder l'équilibre entre le potentiel naturel des ressources et la capacité d'exploitation. Il est aussi nécessaire que les hydrologistes et les écologistes analysent sur des bases scientifiques le nécessaire et le régime d'eau prélevée du Danube et à introduire dans le Delta afin de satisfaire de manière optimale les exigences du développement harmonieux des écosystèmes du Delta du Danube.

4. L'assurance d'un programme adéquate d'observations et mesurages hydrologiques et hydrographiques complexes concernant le milieu du Delta du Danube, pour la poursuite correspondante de l'évolution du cadre naturel.

BIBLIOGRAPHIE

- BONDAR, C., ROVENTA V., STATE I., 1973 - La Mer Noire dans la zone du littoral roumain. *Monographie hydrologique*. Bucarest.
- DIACONU, C., NICHIFOROV I. ET COLAB., 1963 - La zone d'embouchure du Danube. *Monographie hydrologique*. Bucarest.
- STĂNESCU, V. ET COLAB., 1967 - Le Danube entre Bazias et Ceatal Ismail. *Monographie hydrologique*. Bucarest.