

Le résumé de la thèse de doctorat: Le lac de barrage naturel Cuejdel des Montagnes Stânișoarei. Etude limno-géographique

Doctorand: Alin V. Mișu-Pintilie

Coordinateur scientifique: Prof. univ. dr. Gheorghe Romanescu

Institution: Université „Alexandru Ioan Cuza” de Iași, Ecole doctorale de chimie et de sciences de la vie et de la Terre, Domaine Géographie.

Table des matières

INTRODUCTION – p.6

Remerciements – p.8

CHAPITRE 1. Les lacs de barrage naturel et leur position dans les études limnologiques – p.9

1.1 Le caractère interdisciplinaire des études limnologiques – p.9

1.2 L'évolution de la limnologie dans les hydro-sciences – p.11

1.3 Les lacs de barrage naturel dans la littérature internationale – p.15

1.3.1 La classification et les types de lac de barrage naturel – p.16

1.3.2 La distribution des lacs de barrage naturel sur Terre – p.19

1.4 La recherche des lacs de barrage naturel en Roumanie – p.24

CHAPITRE 2. Bases de données, méthodes et techniques de recherche des unités de monitoring des lacs – p.29

2.1 La base de données et le soutien informatique – p.29

2.2 L'étapisation méthodologique et le programme du monitoring intégrée– p.32

2.3 Techniques non invasives de cartographie bathymétrique – p.38

CHAPITRE 3. Emplacement géographique du lac de barrage naturel Cuejdel – p.41

3.1 La position mathématique et les limites physique-géographiques – p.41

3.2 Éléments de l'intégration régionale et de l'unité territoriale – p.43

CHAPITRE 4. Les conditions physiques et géographiques de la vallée de Cuejdiu et leur rôle dans la formation de l'accumulation Cuejdel – p.46

4.1 Le rôle des facteurs géologiques – p.46

4.1.1 La stratigraphie et la composition lithologique – p.46

4.1.2 Aspects tectoniques et structurelles – p.52

4.1.3 L'évolution paléo-géomorphologique – p.53

4.2 Le rôle des facteurs géomorphologiques (le relief) – p.55

4.2.1 Aspects morphographiques et morphométriques – p.55

4.2.2 Types génétiques et formes de relief– p.63

4.2.3 Processus géomorphologiques actuelles – p.67

4.3 Le rôle des facteurs climatiques – p.71

4.3.1 Les facteurs génétiques du climat – p.71

4.3.2 La caractérisation des principaux éléments et phénomènes climatiques – p.71

4.4 Le rôle des facteurs hydrologiques – p.81

4.4.1 Les eaux souterraines – p.81

4.4.2 Les eaux superficielles – p.81

4.5 Le rôle de la couverture bio-pédogéographique – p.88

4.5.1 L'utilisation du terrain – p.88

4.5.2 La couverture du sol – p.91

4.6 Le rôle de l'influence anthropique – p.94

CHAPITRE 5. La genèse du lac Cuejdel et l'évolution des paramètres morphométriques et morphobatimétriques – p.96

5.1 Les étapes de la formation du lac Cuejdel – p.96

5.2 La dynamique des paramètres morphométriques et morphobatimétriques – p.99

5.3 La morphologie actuelle du bassin lacustre – p.106

CHAPITRE 6. L'origine des sédiments lacustres et le rythme du colmatage – p.117

6.1 Le bassin récepteur du lac et le transport solide – p.117

6.2 L'estimation du volume des sédiments et le rythme du colmatage – p.122

CHAPITRE 7. Les variations saisonnières des paramètres physico-chimiques et les indicateurs de qualité de l'eau (WQI) – p.133

7.1 Les variations saisonnières de la température, du pH, de la concentration de l'oxygène dissous et de la conductivité déterminée par défaut in situ – p.133

7.2 Indice de la qualité des eaux (IQE) et le degré de trophicité déterminé sur la base des éléments nutritifs – p.144

CHAPITRE 8. La végétation et la faune. Bioindicateurs environnementaux de la masse d'eau – p.150

8.1 La végétation, les phytocénoses aquatiques et des marais, le phytoplancton – p.150

8.2 La faune et la bio-indicateurs écologiques de la masse d'eau – p.164

CHAPITRE 9. La gestion durable du lac de barrage naturel Cuejdel - principes pour l'avenir – p.171

9.1 La gestion de l'eau – p.171

9.2 Le statut de zone protégée (IUCN IV.40 Lacul Cuejdel) – p.176

CONCLUSIONS – p.182

Directions de recherche futures – p.185

BIBLIOGRAPHIE – p.186

Illustrations – p.197

Liste des tableaux – p.200

Anexe 1. – L'activité scientifique au cours des études doctorales (2011-2014) – p.202

Le résumé de la thèse de doctorat: Le lac de barrage naturel Cuejdel des Montagnes Stânișoarei. Etude limno-géographique

Doctorand: Alin V. Mihu-Pintilie

Coordinateur scientifique: Prof. univ. dr. Gheorghe Romanescu

Institution: Université „Alexandru Ioan Cuza” de Iași, Ecole doctorale de chimie et de sciences de la vie et de la Terre, Domaine Géographie.

Mots-clés: lac de barrage naturel, limnosystem, procès hydro-géomorphologique actuelle, conservation de la biodiversité, le Lac Cuejdel

Le résumé de la thèse de doctorat: Le lac de barrage naturel Cuejdel des Montagnes Stânișoarei. Etude limno-géographique

Doctorand: Alin V. Mișu-Pintilie

Coordinateur scientifique: Prof. univ. dr. Gheorghe Romanescu

Institution: Université „Alexandru Ioan Cuza” de Iași, Ecole doctorale de chimie et de sciences de la vie et de la Terre, Domaine Géographie.

Entreprendre une étude de la limnologie sur un „simple lac” est une approche scientifique plus complexe qu'il paraît à première vue. Cela dérive du concept de monitoring intégrée d'un système aquatique ouverte et vient comme réponse à la recherche scientifique qui s'est imposée dans la limnogéographie moderne. Bien que la direction de recherche est géographique, la multitude d'analyses et de méthodes d'enquête impliquent souvent une approche interdisciplinaire.

Le lac de barrage naturel Cuejdel est une entité hydrogéomorphique presque unique dans le paysage des Carpates Orientaux. Le nombre de lacs dans cette catégorie génétique est petit, peut-être le plus célèbre étant le Lac Rouge, formé en 1837, dans la Vallée de Bicaz (le Massif Hășmașul Mare). Dans la plupart des cas, cependant, les accumulations formées par un dépôt déluvial ont un caractère éphémère, et il n'est pas rare qu'ils disparaissent vite, provoquant des événements hydrologiques négatifs (des inondations, des crues, des débordements etc.)

Les prémisses méthodologiques de cette étude ont été initialement identifiés dans la littérature. Par la suite, l'idée de la réalisation d'un programme de monitoring intégré basé sur des méthodes modernes d'investigation est partie de la disponibilité des outils techniques à applicabilité dans la recherche limnogéographique, fournis par le personnel administratif du Laboratoire de Géoarchéologie (Leica System 1200 - GPS Leica TCR 1201 et 1200, Sonar Valeyport Midas ecosounder, système GPR - Malå RAMAC X3M - antenne de 100 MHz, multiparamètre de type Hack Lange, drague benthique de type Van Veen, équipement de scaphandrier pour les eaux froides et tempérées -. Le brevet n ° 30056 NAUI Pic & Pic. n ° 30060, bateau à moteur équipé d'éco, etc.).

Dans ce contexte, le sujet de recherche choisi vise à réaliser une étude interdisciplinaire générale du bassin lacustre Cuejdel par une triple intégration des milieux d'investigation spécifiques à la recherche, à savoir l'analyse du cadre physico-géographique (le paysage zonal, le bassin récepteur du lac), du biotope lacustre (bassin lacustre - sédiments - eau) et de la biocénose aquatique et marais (végétation, faune).

En Roumanie il ya un assez grand nombre d'unités aquatiques qui répondent aux conditions énoncées dans la définition universellement acceptée des lacs. Cependant, les espaces aquatiques formés par des processus naturels sont rares, et le plus souvent sont modifiés par les activités humaines. La fréquence la plus élevée de lacs naturels peut être trouvé dans les Carpates et Soucarpates, dans le delta du Danube, et rarement dans les collines et dans la plaine.

Les lacs de barrage naturel correspondent à une catégorie génétique particulière, à cause des processus et des phénomènes qui les induisent dans le paysage. Le plus souvent, ils sont traités comme une conséquence des processus hydro-géomorphologiques et leur formation dans les zones résidentielles peuvent représenter un facteur de risque pour la société humaine. Sur Terre, en fonction de la catégorie génétique et de la nature du barrage obstructive, on en a identifié les types suivants: lacs de barrage volcaniques (Nicaragua, Snag, Rio Magdalena), lacs de plissement (Earthquake, San Cristobal, Spirit, Yamaska, Addergoole Bog, Goatwater), lacs de barrages morainiques et glaciers (Gapshan-Shyok, Nostetuko, Rio Plomo), lacs fluviaux (Pepin, Tung-Ting, Tulare, Blue Lake - Californie, Old River), lacs éoliens (Moïse), lacs littorales (Eureka, Razim-Sinoe), lacs de barrage activité organique ou formés à la suite des activités biogéniques (Okeechobee, Beaver).

Certainement la catégorie le meilleur représenté en Roumanie est le lac de barrage naturel formé par les processus de plissement et de glissement gravitationnel du terrain. Les conditions les plus favorables pour leur formation se trouvent dans les Carpates orientales, les Soucarpates de courbure et de la Moldavie, et dans certaines régions éloignées du Plateau de Moldavie. La susceptibilité la plus haut appartient à la zone des flysch Carpatiques, où l'accumulation lacustre derrière les dépôts diluviaux est fréquente. Les exemples les plus connus sont: Lacul Roșu (Montagnes Hășmaș - Bicaz), Mocearu (Montagnes Buzăului - Buzău), Bălătău (les Carpates de courbure - Zăbala), Balătău (Montagnes Ciucului - Trotuș), Betiș (Montagnes Maramureșului -

Ampoi), Iezer și Bolătău (Obcina Feredeului – Sadova), Tăul Zânelor (Montagnes Bârgău – Colibița), Izvorul Măgurii (Montagnes Bârgău – Ilva), Lacul Dracului (Cheile Nerei – Nera).

Le lac de barrage naturel Cuejdel, également connu sous le hydronyme Lacul Crucii, situé dans le sud-est des Montagnes Stânișoarei, une partie du groupe centrale des Carpates Orientaux, est enregistrée dans la littérature spécialisée comme l'un des plus nouveaux espaces aquatiques naturels (âge de 23 ans). Les dépressions lacustres actuels formés dans le bassin supérieur du fleuve Cuejdiu (affluent gauche de la rivière Bistrita) env. 1,5 km en amont sur le ruisseau Cuejdel (affluent de gauche de Cuejdiu). Il a comme origine un grand glissement (une zone de 67,74 ha) qui a disloqué la roche pendant l'été de 1991, sur le côté gauche de la crête Muncelu (sous-unité de Montagnes Neamt, altitude relative de 1077 m).

L'analyse des conditions physico-géographique de la vallée de Cuejdel et leur rôle dans la formation du lac Cuejdel met en évidence un certain nombre de facteurs qui ont conduit à la déstabilisation des pentes et la production du complexe de glissement. Nous rappelons ici le rôle des facteurs : géologiques (les dépôts de flysch avec des couches d'argile et marne et de grès dur), topographiques (énergie de relief > 300 m, pente de 30 à 50 °), les précipitations (pp. 05 à 07, 1991 cumulatif = 741, 4 mm), hydrographiques (afin IV - Classement Horton-Strahler) et la structure des vallées (transversales / longitudinales sur la direction générale des strates lithologiques), la couverture bio-pédo-édaphique (feuillus, conifères et mélanges - 96,2%), et le rôle anthropique (la densité du réseau routier forestier de 10,67 km / km²). La liste des déclencheurs de glissements de terrain peut être complétée par la manifestation du tremblement de terre de 1990 (5,4 ° Richter).

Les premières mesures effectuées sur le bassin lacustre Cuejdel a eu lieu en 2011, en utilisant un Eco sonde de haute précision (Sonar Valeyport Midas ecosounder) et un GPS pour les corrections topographiques (Leica GPS System 1200). Les paramètres morphobathymétriques et morphométriques déterminés au niveau de cette année ont montré les valeurs suivantes: 661 m l'altitude de l'eau, une surface de 13,95 ha, la longueur max. de 1,004 km, la largeur min. 19,25 m, largeur med. 138,8 m, largeur max. 282,6 m, le périmètre de 2,8 km, la profondeur max. 16,45 m, la profondeur med. 5,6 m, le volume 92,53x10⁴ m³. Selon les résultats, le lac Cuejdel confirme le superlatif du plus grand lac de barrage naturel en Roumanie, dépassant d'autant comme surface et profondeur maximale les dimensions du Lac Rouge, dans la vallée de Bicaz (surface 12.1 ha, profondeur max. 10,5 m).

La deuxième étape de mesures a été effectuée dans l'hiver de 2013, cette fois en utilisant la technologie GPR (Ground Penetrating Radar) à l'aide de Gpr Malâ RAMAC X3M et l'antenne de 100 MHz. Car cette méthode de balayage des dépôts alluviaux bathymétriques nécessite un plan droit ou une surface gelée, les dimensions des paramètres morphométriques du lac ont été inférieurs à ceux précédemment identifié, mais normales pour l'hiver. Les résultats des scans bathymétriques ont été accomplies par la reconstruction du bassin et par la carte de l'épaisseur des sédiments lacustres. Les dimensions de l'espace aquatique pour l'année 1991 ont atteint les valeurs maximales suivantes: l'altitude de l'eau 665 m, la surface 16,22 ha, la longueur max. 1,17 km, la largeur min. 24,1 m, largeur med. 138,6 m, largeur max. 341,2 m, périmètre 2,95 km, la profondeur max. 18,8 m, la profondeur med. 7,5 m, volume 122,3x10⁴ m³. Les valeurs sont confirmées par les structures internes identifiées sur l'interface des profils de GPR et par les limites des niveaux maximales restant sur les arbres pris dans l'eau.

L'évolution régressive des niveaux des lacs qui se sont produites dans les 23 années, indique une diminution d'environ 3,5-4 m, provoquant le retrait moyen des surfaces d'env. 0,1 ha / an. La cause principale est l'approfondissement du drainage de la surface du barrage obstructive, à cause des inondations répétées atténuées par le lac. Le volume du lac est dans la même tendance à la baisse, en se réduisant par un total de 297,654.77 m³, duquel, selon les mesures du GPR, 103,988.87 m³ ont été remplacés par alluvions transportés par les affluents dans le bassin lacustre.

La carte de la distribution de l'épaisseur des sédiments indique une différence entre 0,1 à 3,6 m, de laquelle l'intervalle 0,1 à 1,0 m occupe 8522 ha (60,7%), l'intervalle de 1,0 à 2,0 m environ 4,676 ha (33,32%), et l'intervalle de > 2,01 m, le reste de 8326,5 m² (5,93%). La rate de sédimentation est prise dans différents secteurs, entre 1-16 cm / an et le taux moyen d'accumulation de matériel terrigène est autour de la valeur moyenne de 4521,26 m³ / an. Cette valeur, rapportée à la surface du bassin récepteur du lac (8,94 km²), et le taux d'effluence de 33%, déterminé sur la base de la végétation, a indiqué un sédiment moyen dans le bassin de 4,33 t / ha / an. Ainsi, nous pouvons estimer que le lac de barrage naturel Cuejdel va se boucher, gardant l'équilibre hydro-géomorphologique présente, dans 247 ans. Cette période de temps est encore hypothétique, car

les changements de conditions de sédimentation sont communs, influencés principalement par l'exploitation forestière qui se déroule dans le bassin récepteur

Le programme de monitoring du lac Cuejdel comprenait une analyse des conditions biotiques, la description des paramètres physiques et chimiques (T° , pH, LDO101, CDC401), l'indice de qualité de l'eau (IQE), et le degré de trophicité déterminé sur la base de la chimie et des nutriments (SN2, DBO5, $KMnO_4$, NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , totale P, etc.). Les mesures in situ ont été réalisées de façon saisonnière (4 fois / an) en utilisant un multiparamètre de type Hach Lange d'affichage en temps réel, et les investigations de laboratoire ont suivi les méthodes standard pour l'analyse de l'eau.

Ainsi, à partir de point de vue thermique, le lac Cuejdel agit comme un espace aquatique dimictique avec la stratification thermique directe pendant l'été. (T° epilimn 22-23 $^{\circ}$. Hipolimn 4-5 $^{\circ}$.) - le printemps (T° - epilimn 16-17. $^{\circ}$; hipolimn 4-5 $^{\circ}$), et à l'automne, (T° - epilimn 12,5 à 13 $^{\circ}$; hipolimn 4-5 $^{\circ}$) et inverse en hiver (T° - epilimn 0-1 $^{\circ}$; hipolimn 4. 5 $^{\circ}$). La quantité d'oxygène dissous (LDO101) diminue verticalement, en proportion inverse de la conductivité de l'eau standard (CDC401), ce qui indique une superposition euxinique induite par le manque des courants verticaux. Le niveau de pH suit la même tendance bathymétrique, présentant un environnement alcalin spécifique aux eaux de montagne (pH moy. 8,0 à 8,3). En raison de ces conditions physiques et chimiques auxquelles on ajoute une transparence moyenne de 1,8 à 2,0 m, le lac Cuejdel présente un environnement productive que concernant l'épilimnion (0-3 m).

L'indice de qualité chimique de l'eau (IQE), déterminée sur la base des éléments nutritifs, tels que: nitrates (NO_3), phosphates (PO_4^-) et la concentration d'ions d'ammonium (NH_4^+), auquel on a ajouté dans la formule de calcul la quantité de oxygène dissous (DO2), la demande biochimique en oxygène (DBO5) et le pH, indique un score de 86%, cette valeur étant équivalente à la qualité de première classe. Également sur les nutriments déterminés dans les échantillons de laboratoire, le Lac Cuejdel entre dans la catégorie des surfaces aquatiques mésotrophes, les conditions trophiques étant similaires à ceux de lac de cratère volcanique de Sfânta Ana, ou des accumulations anthropiques Brădişor et Izvorul Muntelui.

La détermination du limosystème trophique aquatique Cuejdel a été faite sur la base de bio-indicateurs environnementaux identifiés dans l'eau. La recherche interdisciplinaire en collaboration avec un certain nombre de biologistes spécialisés s'est matérialisée par l'identification des catégories suivantes: des communautés d'algues (Phytoplankton - environ 50 taxons) de la faune de vertébrés aquatiques (Approx. 17 espèces), et de la faune d'invertébrés aquatiques (> 150 taxons), parmi lesquels insectes (> 100 taxons), les communautés de zooplancton (env. 14 taxons) et macro invertébrés benthiques (env. 7 taxons). De toutes les espèces déclarées, certains avec une densité plus élevée, plus rares, 72 taxons ont présenté, à la suite de la domination ou de la valence spécifique, une valeur saprobique indicatrice. Ainsi, sur la base des bio-indicateurs environnementaux de l'eau, le lac Cuejdel est défini comme un écosystème aquatique oligotrophe à tendances mésotrophes en été.

La transition d'un secteur simple de la rivière spécifique aux montagnes aux altitudes moyennes de l'est des Carpates Orientales, pour une espace aquatique tel quel a conduit, comme il était naturel, à accroître la biodiversité. Ainsi, nous avons identifié 11 phytocénoses aquatiques et marais, qui est un habitat favorable pour les espèces existantes, ainsi que pour les nouveaux. On a rapporté neuf espèces d'oiseaux, 3 espèces d'amphibiens et de reptiles présentes dans la liste de la Directive Habitats (92/43 / CEE) et de la directive Oiseaux (79/409 / CEE), indiquant que le statut des aires protégées (UICN IV. 40 lac Cuejdel) n'est pas assez pour les protéger. Pour cette raison, nous croyons que la région du lac Cuejdel répond à tous les conditions légales pour créer un site d'importance communautaire (SIC), une zone spéciale de conservation (ZSC) et / ou zone de protection spéciale (ZPS).

La conclusion finale de cette étude, déduite à la suite des enquêtes qui portaient sur la caractérisation du biotope (bassin lacustre - sédiments - eau) et de la biocénose aquatique et marais, ce qui indique que le lac de barrage naturel Cuejdel est une entité avec de multiples significations aquatiques uniques dans le paysage des montagnes Stânişoarei. La conservation de l'espace aquatique doit être une priorité tant pour les autorités (la mairie de Gârşina, le conseil du comté Neamt, l'Administration des eaux "Siret, le département des forêts ROMSILVA, le Ministère de l'Environnement et Changement Climatique, etc.) et pour la population locale directement impliquée dans la protection du plus grand lac de barrage naturel en Roumanie.