



**UNIVERSITÉ “BABES-BOLYAI”
CLUJ-NAPOCA
FACULTÉ DE GÉOGRAPHIE
ÉCOLE DOCTORALE DE GÉOGRAPHIE**



**STRATÉGIES DE RÉHABILITATION DU
RELIEF ANTHROPIQUE GÉNÉRÉ PAR LES
ACTIVITÉS MINIÈRES.
ÉTUDE DE CAS:
LA BANLIEUE MÉTROPOLITAINE DE
DEVA-HUNEDOARA**

**THÈSE DE DOCTORAT
RÉSUMÉ**

**COORDONATEUR SCIENTIFIQUE:
Prof. univ. emerit dr. VIRGIL SURDEANU**

**DOCTORAND:
KIRALY MARTA (m. MATE)**

**CLUJ-NAPOCA
2014**

Mots-clés: activité minière, paysage anthropique, teruil, technostructures, risques anthropiques, vulnérabilité de la population, aménagement du territoire, reconversion et réhabilitation du relief

TABLES DES MATIÈRES

CHOIX DU SUJET : RAISONS	1
Chapitre 1: METHODOLOGIE DE RECHERCHE	4
1.1. Objectifs de l’approche scientifique	4
1.2. Méthodes de recherche appliquées	7
1.3. Structure du programme de recherche	9
Chapitre 2: BREF APERÇU DE LA RECHERCHE SUR LES RÉGIONS MINIÈRES RÉHABILITÉES	12
2.1. Approches dans la littérature internationale	12
2.2. Préoccupations scientifiques roumaines en géomorphologie anthropique	16
Chapitre 3: ÉVOLUTION PALEOGEOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DE LA BANLIEUE MÉTROPOLITAINE DE DEVA-HUNEDOARA	21
3.1. Localisation et délimitation	21
3.2. Aspects géologiques	25
3.3. Inventaire des ressources	29
3.4. Aperçu de l’industrie minière dans le département de Hunedoara	30
Chapitre 4: LA MORPHOLOGIE ET LA MORPHOMÉTRIE DE LA BANLIEUE MÉTROPOLITAINE DE DEVA-HUNEDOARA	33
4.1. Les caractéristiques morphographiques du relief	33
4.1.1. Unités morphologiques représentatives	35
4.2. Aspects morphométriques	39
4.2.1. Hypsométrie	39
4.2.2. Densité de drainage	41
4.2.3. Profondeur du drainage	43
4.2.4. Déclivité	45
4.2.5. Orientation des pentes	48
4.3. Paysage minier anthropiques	50
4.3.1. Le phénomène de l’anthropisation généré par l’exploitation minière	50
4.3.2. Morphologie minière anthropique	51
4.3.2.1. Microformes positives construites par accumulation	53
4.3.2.2. Microformes négatives créées par la déformation de la surface terrestre due aux travaux dans les mines souterraines	64
4.3.2.3. Microformes négatives formées dans les carrières	67
4.3.2.4. Microformes due au nivellement anthropique	71
Chapitre 5: L’IMPACT DES ÉLÉMENTS NATURELS SUR L’ÉVOLUTION DU RELIEF ANTHROPIQUE DANS LA RÉGION MÉTROPOLITAINE DE DEVA- HUNEDOARA	73
5.1. L’impact du changement climatique sur la région et les technostructures	73
5.1.1. Température de l’air	75
5.1.2. Les précipitations	78
5.1.3. Le régime du vent	79

5.1.4. Les conditions météorologiques extrêmes	80
5.1.5. Les topoclimats spécifiques	83
5.2. Apport de l'hydrographie à la modélisation du paysage anthropique	83
5.2.1. Les eaux souterraines	84
5.2.2. Les rivières	88
5.2.3. Les lacs	89
5.3. Le composant édaphique dans les zones minières	89
5.3.1. La répartition des sols et leur analyse typologique	92
5.3.2. La dégradation des sols dans les zones minières	94
5.4. Les caractéristiques de la couverture biotique	95
5.4.1. La végétation forestière	96
5.4.2. La végétation herbacée	96
5.4.3. La végétation des zones humides	97
5.4.4. La faune	
Chapitre 6: LES ALÉAS ET LES RISQUES D'ORIGINE ANTHROPIQUE DANS LA RÉGION MÉTROPOLITAINE DE DEVA HUNEDOARA	98
6.1. Les aléas produits dans les zones minières	98
6.2. La susceptibilité des territoires à l'érosion et aux mouvements de masse	101
6.3. Risques liés aux activités minières	103
6.3.1. Les risques induits par les processus géomorphologiques contemporains	103
6.3.2. Risques induits par le climat	110
6.3.3. Risques induits par les activités anthropiques	112
6.4. La vulnérabilité de la population aux risques induite par l'exploitation minière	114
Chapitre 7: STRATÉGIES DE RECYCLAGE ET DE RÉINSERTION FONCTIONNELLE DES RÉGIONS MINIÈRES DÉGRADÉES DANS LA BANLIEUE MÉTROPOLITAINE DE DEVA HUNEDOARA	123
7.1. Le développement durable et la conversion écologique	123
7.2. L'emploi du territoire	126
7.3. Stratégies de réhabilitation des technostructures	129
7.3.1. Fermeture et préservation des exploitations minières souterraines	131
7.3.1.1. Les travaux post-fermeture et la conservation des galeries et des vides souterrains	131 132
7.3.1.2. Travaux miniers de connexion avec la surface	133
7.3.2. Fermeture et préservation de l'exploitation minière de surface	134
7.3.3. Reconversion écologique des décharges de déchets	135
7.3.4. Reconversion écologique des résidus	144
7.4. La surveillance des technostructures minières	147
7.4.1. Travaux de surveillance post-fermeture dans la mine de Deva	149
7.4.2. Travaux de surveillance post-fermeture dans l'exploitation minière de Ghelari	
Chapitre 8: ÉTUDE DE CAS: MODÈLE DE GESTION ÉCOLOGIQUE DE LA CARRIÈRE DE FER DE TELIUC	151
8.1. Caractéristiques morphométriques	151
8.2. L'inondation des carrières: une solution verte	152
8.3. L'intégration dans le paysage et l'utilisation touristique de la technostructure réhabilitée	155
CONCLUSIONS	160
BIBLIOGRAPHIE	163

CHOIX DU SUJET: RAISONS

Le problème de l'environnement doit être abordé de manière interdisciplinaire, comme un phénomène complexe qui nécessite la contribution concertée de plusieurs sciences, telles la géologie, la géographie, l'écologie, la géochimie, la géophysique, l'économie et ses diverses branches, sans prétendre épuiser que leur liste. De cette façon, la recherche sur la réhabilitation du paysage anthropique généré par les activités minières invite le spécialiste à traverser sa discipline, à analyser et à synthétiser les processus et les phénomènes ayant recours à des méthodes spécifiques à d'autres sciences et domaines. Tout en gardant le spécifique géographique, nous avons suivi l'évolution géomorphologique de la zone choisie comme objet d'étude et nous avons souligné les priorités à démontrer dans cette démarche.

La „perturbation” de l'évolution naturelle du relief a eu pour effet le changement de la qualité de l'environnement et d'autres éléments naturels, et en plus, la dégradation des conditions de la vie des habitants.

Les changements planétaires ont déclenché une vulnérabilité marquée par des systèmes géomorphologiques soumis à la pression humaine. L'impact des activités humaines, en particulier celles résultant de l'exploitation des ressources naturelles, a influencé directement la sécurité et la santé de la population. Nous nous sommes proposé d'approfondir les risques induits par les activités minières et l'évaluation de la vulnérabilité de la population à tous les types de risques peuvent influencer sur les structures anthropiques.

Pour l'étude de cas, nous avons choisi un site technologique qui n'a pas bénéficié d'un projet de réhabilitation dans les dernières années. De son exploitation économique potentielle peut bénéficier la communauté locale de la région. Les ressources touristiques peuvent être aussi une alternative viable pour la population rurale dans les Montagnes Poiana Rusca et, en plus, une chance pour un développement durable à même de leur assurer une vie décente dans un environnement réhabilité.

Chapitre 1: LA METHODOLOGIE DE RECHERCHE

Notre vision de recherche s'est appuyée sur la réponse aux trois questions:

- Quoi? Le paysage anthropique généré par les activités minières, et la possibilité de sa réhabilitation.
- OÙ? - La région métropolitaine de Deva-Hunedoara
- Comment? - En formulant et en appliquant:

1.1. Les objectifs stratégiques de la démarche scientifique:

- Objectif 1: L'inventaire des contributions des prédécesseurs;
- Objectif 2: Établir une stratégie de collecte et de traitement de l'information nécessaire;
- Objectif 3: Délimitation et analyse de la zone d'étude physico-géographique;
- Objectif 4: Analyse de l'intervention humaine sur le milieu naturel;
- Objectif 5: L'inventaire des reliefs anthropiques et des processus géomorphologiques;
- Objectif 6: Présentation des travaux de réhabilitation menés sur les technostructures, des procédés d'extraction et de surveillance de l'environnement, des stratégies déjà mises en œuvre et de celles qui pourraient être appliquées à l'avenir;
- Objectif 7: L'évaluation de la susceptibilité des terrains et de la vulnérabilité de la population aux risques et dangers des zones minières;
- Objectif 8: Promouvoir un modèle d'intégration efficace de zones anthropiques modifiées.

1.2. Méthodes de recherche:

a) Méthodes classiques communes à d'autres disciplines: la méthode dialectique historique, l'analyse comparative, la synthèse, l'étude de cas;

b) Des méthodes spécifiques à la Géographie: la cartographie, la télédétection.

1.3. Structure du programme de recherche: 1. Étape de l'information théorique et méthodologique; 2. Études sur le terrain ; 3. Analyse ; 4. L'étude de cas.

Chapitre 2: BREF APERÇU DE LA RECHERCHE SUR LES RÉGIONS MINIÈRES RÉHABILITÉES

2.1. Approches dans la littérature internationale

À partir des interventions générées par les besoins actuels de l'humanité et allant jusqu'aux activités concrètes d'exploitation des ressources du sous-sol, les travaux de la littérature de spécialité se groupent autour de quelques thèmes:

a) *La relation entre l'activité humaine et ses effets négatifs sur l'environnement:* Mary Sommerville (1858), Marsh (1864), Grove (1914), De Marchi (1902), Fisher (1915), Sherlock (1922), Barrows (1923), Rovereto (1923.1924), Aufrère (1929), Tricart (1953), Gortani (1959), Strahler (1960);

b) *L'approche systémique de l'environnement et l'interdépendance de ses éléments:* Blanc (1957), Brown (1970), Barbara Chorley et Kennedy (1971), Detweyler (1971), Hewitt et Hare (1973), Panizza (1973), Manners et Mikesell (1974), Gregory et Walling (1979), Simmons (1979), Nir (1983), Goudie (1985), Blaikie et Brookfield (1987);

c) *Solutions pour la protection et la réhabilitation de l'environnement touché par l'intervention anthropique* (anthropogéomorphologie et neogéomorphologie): Zapletal (1960, 1964), Wallwork (1974), David et Karancsi (1999);

d) *La réhabilitation des zones touchées par l'exploitation minière*: Rosenbery et Klimstra (1965), Bauer (1970), Sherwood (1976), Elliott (1976), Haigh (1978), Bradshaw et Chadwick (1980), Verstappen (1983) et de jouets Hadley (1987), Gagen (1988) Gunn (1993) et Hooke (1994), Bennett et Doyle (1997) et Werner (1999),

Outres les études géographiques, des travaux géologiques ont été développés par: Carlsten, Johansson et Worman (1995); Thunehed et Triumph (1999); Milkov et Sasoon (2000); Panthulu, Krishnaiah et Shirk (2001); Verraes (2003); Sjö Dahl, Dahlin et Johansson (2004), McCullough (2005), Maine (2006); Damigos (2006); Peeck et Sinding (2009); Faludi (2010); Haff (2010).

2.2. Préoccupations scientifiques roumaines en géomorphologie anthropique

Simion Mehedinti, dans sa «*Terre - Introduction dans l'étude de la géographie comme une science* » (1909), faisait référence au rôle de l'homme dans les changements causés intentionnellement à l'environnement.

"Le manuel de l'ingénieur des mines" (1951) contient un chapitre de géomorphologie rédigé par Petre Coteș.

Après la guerre, des géologues, tels: Sesco (1951), Kimmelman (1954), Verone et Apostolescu (1955) et plus tard, Poboran (1964), Pîrvu (1964), et Mateescu (1968) ont été préoccupés par l'expansion des champs miniers

Les études et les recherches géographiques ont connu une approche thématique progressive:

a) la phase descriptive des interventions anthropiques Naum (1957), Savu et Rusu (1961), Tufescu (1966) Mihăilescu (1968), Posea (1972), Berindei (1973) Josan (1976), Tudoran (1976, 1978) , Roșu et Irina Ungureanu (1977), Iacob et Ianos (1980), Balteanu (1984), Surdeanu (1985);

b) la phase de diagnostic et le pronostic écologique: Badea (2000), Balteanu (2002), Surdeanu (1998), Oncu (2002), Mihaela Serban et Balteanu (2005), Dana Goțiu et Surdeanu (2008).

c) l'étape du traitement des questions environnementales liées aux zones minières:

- L'impact des activités minières sur l'environnement naturel: Câdea, Erdeli et Guran (1991), Badea et al. (1994), Maria Hosu (2005), Vlad et Neacșu (2005), Lazăr et Dumitrescu (2006), Fodor et Vedinaș (2011), Ionică et Arad (2012), Nimară (2011).

- Le développement des processus géomorphologiques dans les régions minières: Cioaca et Dinu (1995), Rădoane, Maria Rădoane, Ichim et Miclaus Crina (1995), Onica, Cozma et Goldan (2006),

- Analyse et classification des technostructures: Florea (1996), Brândus et al. (1998), Dunca (2006)

- Réadaptation et intégration de la zone touchée par le paysage minier: Anghel (1971), Lăzărescu (1983) Fodor (1989), Apetroaie et al. (1994), Mironovici (1995), Floca et al. (1997), Susana Arad, Arad et Chindris (2000), Fodor et Băican (2001), Mac (2003), Filip et Hodor (2003), Corpade, Bătiuaș et Ana Maria Corpade (2004), Anghel et Surdeanu (2007) Lazăr (2010), Traistă et Andronache (2011), Popescu et Marian (2012).

Chapitre 3: ÉVOLUTION PALEOGÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE DE LA BANLIEUE MÉTROPOLITAINE DE DEVA-HUNEDOARA

3.1. Localisation et délimitation

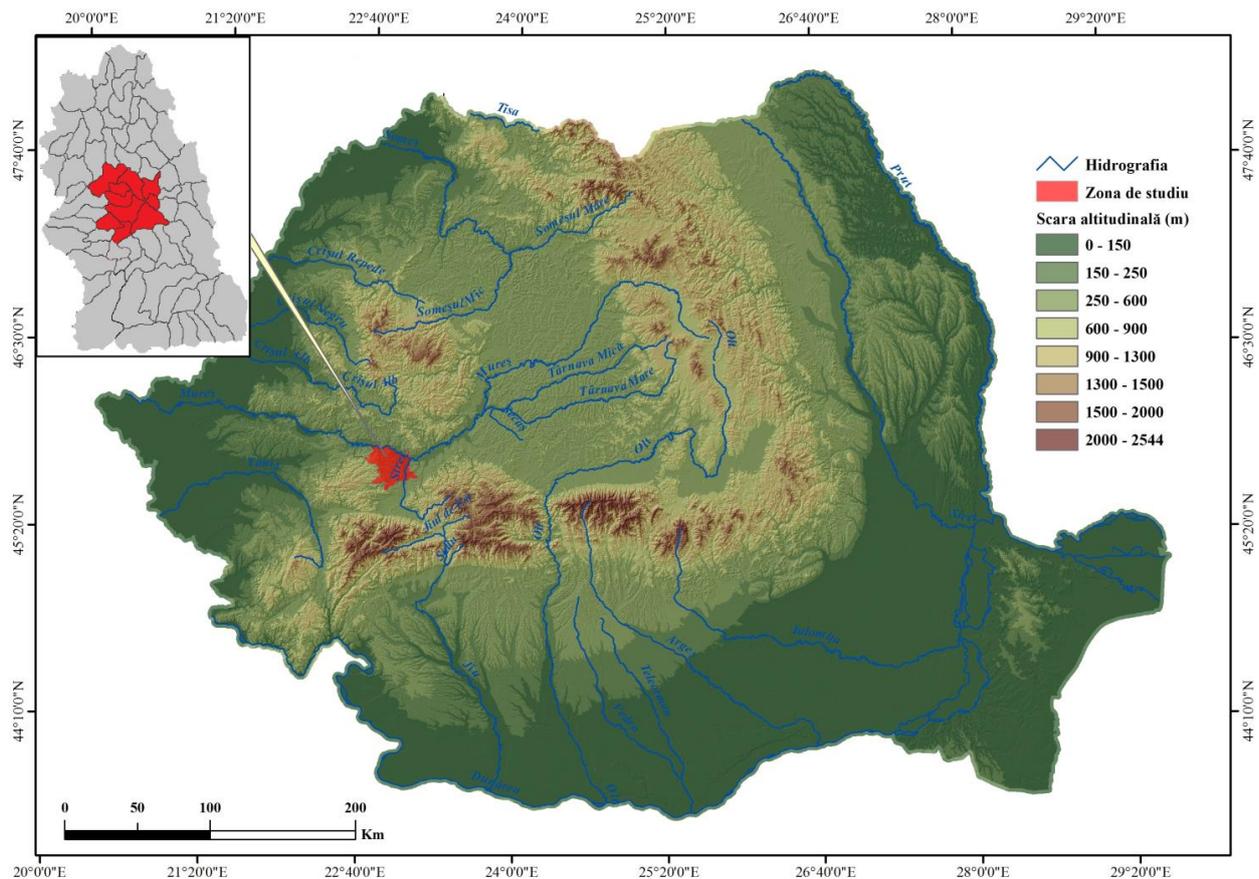


Figure 4: La banlieue métropolitaine de Deva-Hunedoara – Localisation de la zone d'étude

Tableau 2 :

Les composantes administratives territoriales de la banlieue métropolitaine de Deva-Hunedoara (Source: Département des Statistiques de Hunedoara)

No.	Le nom de l'unité administrative-territorial	Localités composantes	La population en 2011	La surface en 2011 (km ²)	La densité de la population (hab./km ²)
1	Deva	Archia, Bârcea Mică, Cristur, Deva, Sântuhalm	61123	61,85	988
2	Hunedoara	Boş, Groş, Hăşdat, Hunedoara, Peştişu Mare, Răcăştie	60525	104,05	582
3	Simeria	Bârcea Mare, Cărpiniş, Sântandrei, Săuleşti, Simeria, Simeria Veche, Uroi	12556	48,59	258
4	Călan	Batiz, Călan, Călanul Mic, Grid, Nădăştia de Jos, Nădăştia de Sus, Ohaba Streiului, Sâncrai, Sântămăria de Piatră, Strei, Streisângeorgiu, Valea Sângeorgiului	11279	93,54	121
5	Băcia	Băcia, Petreni, Tâmpa, Totia	1827	29,04	63
6	Cârjiţi	Almaşu Sec, Cârjiţi, Chergheş, Cozia, Popeşti	681	45,82	15
7	Ghelari	Ghelari, Govăjdia, Plop, Ruda	1983	46,83	42
8	Peştişu Mic	Almaşu Mic, Ciulpăz, Cutin, Dumbrava, Josani, Mănerău, Nandru, Peştişu Mic, Valea Nandrului	1207	49,95	24
9	Teliucu Inferior	Cinciş-Cerna, Izvoarele, Teliucu Inferior, Teliucu Superior,	2344	39,50	59
10	Veţel	Boia Bârzii, Bretelin, Căoi, Herepeia, Leşnic, Mintia, Muncelu Mic, Muncelu Mare, Runcu Mic, Veţel	2872	113,89	25
	TOTAL	67 de localităţi	156397	633,06	247

La banlieue métropolitaine de Deva-Hunedoara est une entité géographique située au centre du département de Hunedoara, au confluent des rivières Mureş, Strei et Cerna. Elle renferme sept unités administratives regroupées sous l'Association de développement intercommunautaire „Conurbation Corvinia” et les territoires des communes: Veţel, Ghelari et Teliucu Inferior.

3.2. Aspects géologiques

Situé au niveau du contact entre les systèmes indigènes de la région du Danube et le magmatisme postorogénique Supraretic, la banlieue métropolitaine de Deva-Hunedoara a connu, au fil du temps, une évolution complexe.

En Paléozoïque, la région apparaît comme une extrémité de la microplaque tectonique Apulienne (Săndulescu 1984).

Les transformations qui se sont produites au Mésozoïque ont favorisé la sédimentation submergée différenciée et la formation du flysch marin (Mutihac, Ionesi, 1974):

- le rift carpatique central s'ouvre à la fin du Jurassique dans le bloc Gétique et le bloc Danubien;

- à la fin du Crétacé inférieur le rift se ferme et le bloc Gétique recouvre celui Danubien;

- le bord de la microplaque meusiens se rompt et se forme le cristallin des montagnes Poiana Rusca.

En Néozoïque:

- dans le cristallin hercinic se forment de riches dépôts de minerai de fer sidéritique;

- le volcanisme basic initial produit des concentrations stratiformes de pyrite, de pyrrhotite et de sphalérite;

- les éruptions volcaniques du Néogène produisent des stratovolcans qui forment l'andésite et le cuivre;

- à la fin de l'époque de l'augmentation des montagnes, les cycles éruptifs ont créé l'andésite bazaltoïde, les minerais d'or-argent, pyrites et tellurures d'or, d'or et de cuivre des minerais indigènes, des pierres de construction, telles le dacite, l'andésite, le feldspath, la bentonite, le marbre et le travertin, mais aussi des eaux oligominérales, parfois hypothermiques (Rădulescu, Borca 1968);

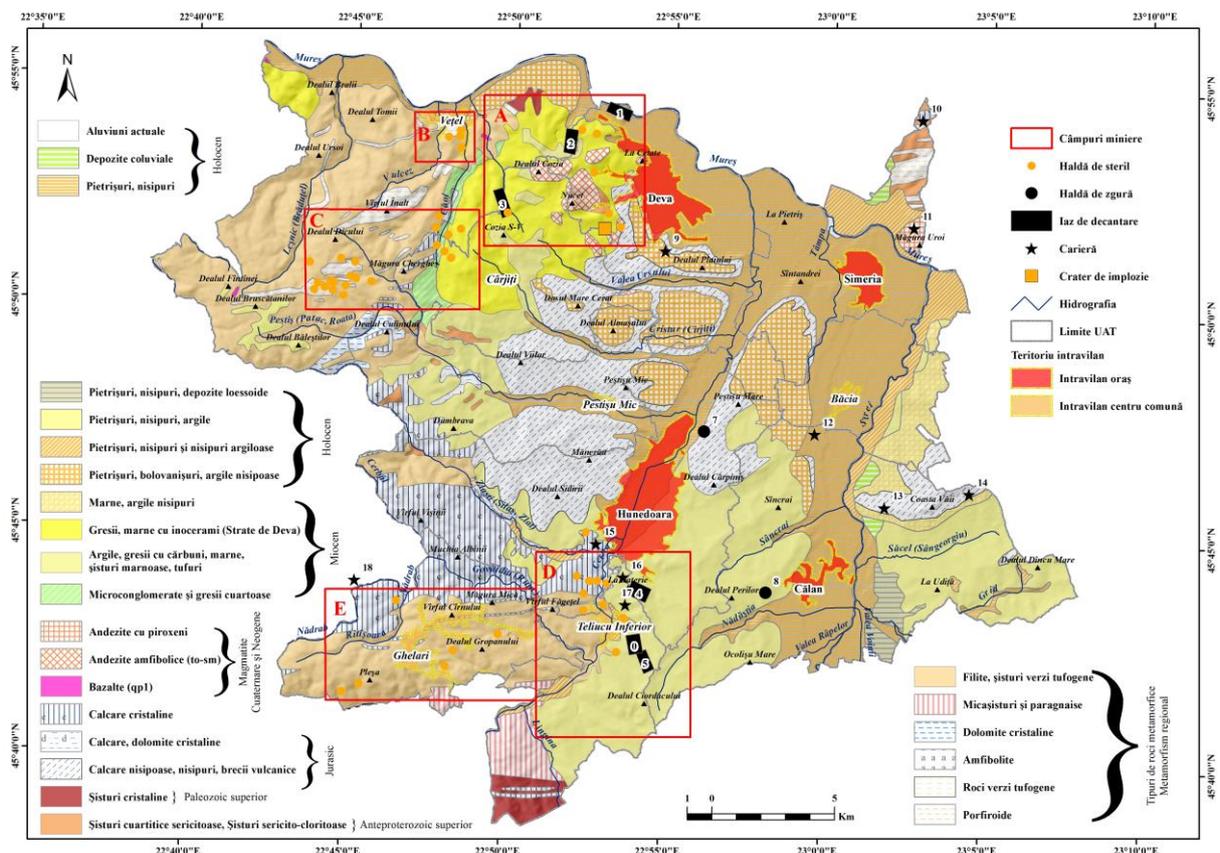


Figure 5: La zone métropolitaine de Deva-Hunedoara - Carte géologique
(D'après la carte géologique de la Roumanie)

A la fin du Quaternaire, le réseau hydrographique s'était finalisé et l'érosion fluviale commence les étapes de la modélisation de la terre.

3.3. L'inventaire des ressources naturelles de la banlieue métropolitaine de Deva-Hunedoara

Minerais:

- de fer, sous forme de carbonate ferreux (ancre, sidérite) et oxydes de fer (magnétite, hématite), à Ghelari et Teliucu Inferior;
- de cuivre (chalcopyrite, pyrite, carbonate de cuivre, sphalérite, galène etc.) à Deva;
- de plomb et de zinc, à Vețel et Muncelu Mic.

Roches de construction:

- Gypse (Sulfate de calcium), à Călanul Mic;
- Dolomite, à Zlaști et Teliucu Inferior, ou à l'ancienne carrière de Crăciuneasa;
- Talc et stéatite, sous forme de lentilles intercalées concordantes entre les roches de calcaires et de dolomite dans la région de Govăjdie. Le broyage du talc est réalisé à l'usine de Zlaști;
- Calcaire (ou carbonate de calcium, roche sédimentaire d'origine organogénique), exploité encore à Zlaști. Les documents historiques font également référence aux exploitations de Călan, Valea Sângeorgiului, Sântămăria de Piatră, Cîrjiți;
- Travertin (variété de tuf, roche sédimentaire, poreuse, composée de calcite et aragonite), à Cărpiniș (Simeria);
- Andésite (roche ignée à grains fins), à Deva (Dealul Pietroasa), Măgura Uroiului.

3.4. Aperçu de l'industrie minière dans le département de Hunedoara

Les carrières d'andésite de Deva, Uroi et Călan ont fourni du matériel de construction pour les forteresses et forts daces, les châteaux etc. Dès l'époque romaine, on connut des installations minières au Sud des Montagnes Apuseni, pour l'extraction de l'or et du minerai d'argent.

L'extraction du minerai de fer, à partir de la surface du champ minier jusqu'à la mine de Teliucu Inferior, remonte à l'époque romaine (sec. III d. D'Hr.). La mine de Ghelari est documentée en 1767, mais elle est plus ancienne.

Après la Seconde Guerre mondiale, l'activité minière s'intensifie dans les régions de Deva-Bolcana, Muncelu Mic, Vetel et Teliuc-Ghelari. En 1969, a été fondée La Centrale Autonome des Minerais de Cuivre 1980 à Deva, transformée, après 1998, en Compagnie Nationale du Cuivre, Or et Fer "Minvest" SA. L'entreprise a fermé pendant la période 1990-2005, 41 exploitations (mines et carrières) et 18 usines de préparation.

Chapitre 4: LA MORPHOLOGIE ET LA MORPHOMÉTRIE DE LA BANLIEUE MÉTROPOLITAINE DEVA-HUNEDOARA

4.1. Les caractéristiques morphographiques du relief

L'évolution particulière de cette zone est marquée par la zone de contact entre les domaines de l'orogène des Carpates, Carpates occidentales et les régions basses, insérées comme des extensions situées au sud-ouest de la Dépression Collinaire de la Transylvanie et des secteurs de la vallée du Mures, qui prévoit l'échange de matériaux et d'énergie à la fois en l'absence et en présence de l'activité humaine.

Unités morphologiques:

a) Les monts Poiana Rusca (leur côté de nord-ouest), un horst cristallin avec des hauteurs qui montent jusqu'à 1000 m, avec interfluves larges et lisses, des vallées étroites et profondes, des plaines alluviales, des pics principaux ("des pieds") et des collines volcaniques marginales (Jude, Borcea-Tabacu, Ionescu 1973, Cornelia Grumazescu, 1975, Krautner, 1984).

b) Les collines de Hunedoara et de Călan, zone piémontane située entre les vallées du Strei et de la Cerna, avec des interfluves arrondis et des terrasses supérieures (Vulcu, 1971, Popp, 1977; Trufaș, Stanciu, 1983).

c) Les secteur de la vallée du Mures entre Simeria Veche et Dobra, ancien couloir de type graben, avec de larges terrasses inférieures et des zones de gorge, des bancs d'emprunt, des bagues, un lobe de méandre recoupé et des aménagements anthropiques (Morariu, Gârbacea 1960; Jampa, 1989; Badea, Buza, 1991; Mac et Drăguț, 1997; Vespremeanu, 1998).

d) Les Monts Métallifères comprennent la Colline d'Uroi, un neck volcanique pareil à une coupole de dôme, avec une hauteur de 640 m et le sud du Mont Săcărâmb.



Figure 8: Le cadre géographique de Deva. Vue de la Colline d'Uroi

4.2. Aspects morphométriques

Le degré de population d'un territoire, la densité, la structure la texture de l'habitat, l'emplacement et la sécurité de l'infrastructure technique, l'utilisation des terres dépendent de l'aptitude ou la favorabilité des paramètres morphologiques du relief (Bilasco et al., 2013).

4.2.1. La hypsométrie

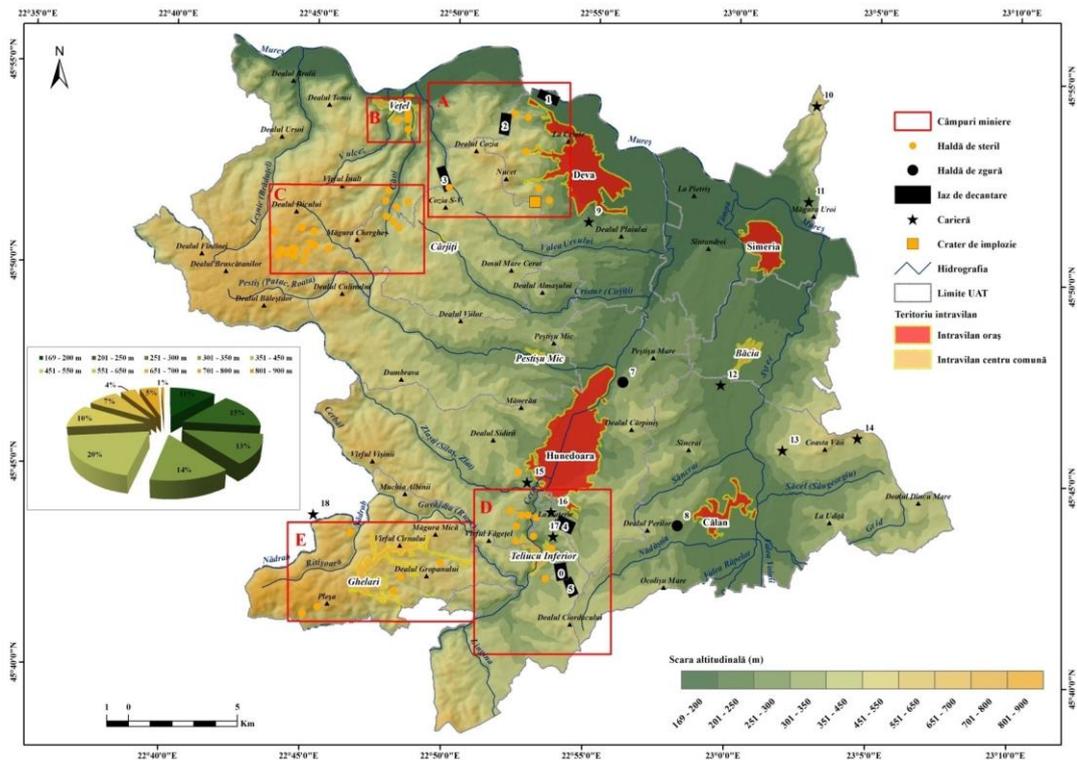


Figure 12: La région métropolitaine de Deva-Hunedoara - Carte hypsométrique

4.2.2. Le densité de drainage. Les travaux miniers et la nécessité de transporter des ressources à l'extérieur des montagnes ont soulevé de nombreux problèmes techniques dans les zones à forte densité de drainage entre 1,6 et 2,6 km/km², zones qui occupent 13% de la superficie totale de l'espace d'étude. On a trouvé des solutions techniques qui ont résolu les problèmes provoqués par l'extraction des ressources locales: le plan incliné, à Retișoara, près de Ghelari, construit en 1903, des tunnels, des viaducs et des ponts sur les lignes de chemins de fer industriels, y compris le funiculaire.

4.2.3. La profondeur du drainage a des valeurs élevées (entre 350 et 400 m) sur des vallées escarpées des Monts Poiana Rusca. L'emplacement des technostructures dépend de la qualité des terrains, de la valeur de l'énergie du relief. La plupart des décharges et des résidus sont situés dans les régions en dessous de 150 m.

4.2.4. La déclivité du relief est un paramètre obligatoire comme mesure quantitative, car elle est le déclencheur des processus de pente, et en même temps comme mesure qualitative, en tant que générateur des formes acquises de ces processus. L'activité

anthropique a eu un impact sur la modélisation des pentes, les technostructures servant à les atténuer ou, au contraire, à les exacerber. Les décharges "imbriquées" dans les ruptures de pente ont diminué l'angle de la pente et en outre, les talus des décharges construites dans les pâturages (landes) où l'aménagement des carrières de versant ont augmenté sa valeur.

4.2.5. Orientation des pentes

L'intensité du rayonnement solaire, l'insolation et la température diffèrent selon l'orientation des pentes et cela exige des façons différentes d'utilisation des terrains. La relevance de ce paramètre **apparaît** au moment de l'emplacement de l'exploitation minière, surtout dans l'infrastructure (routes d'accès, bâtiments, usines de transformation), en continuant avec le stockage des déchets (on doit éviter les zones exposées sur la voie des masses d'air qui viennent de l'ouest). L'orientation des pentes est un facteur important qui détermine les types de réhabilitation des technostructures minières en appliquant différentes techniques d'écologisation.

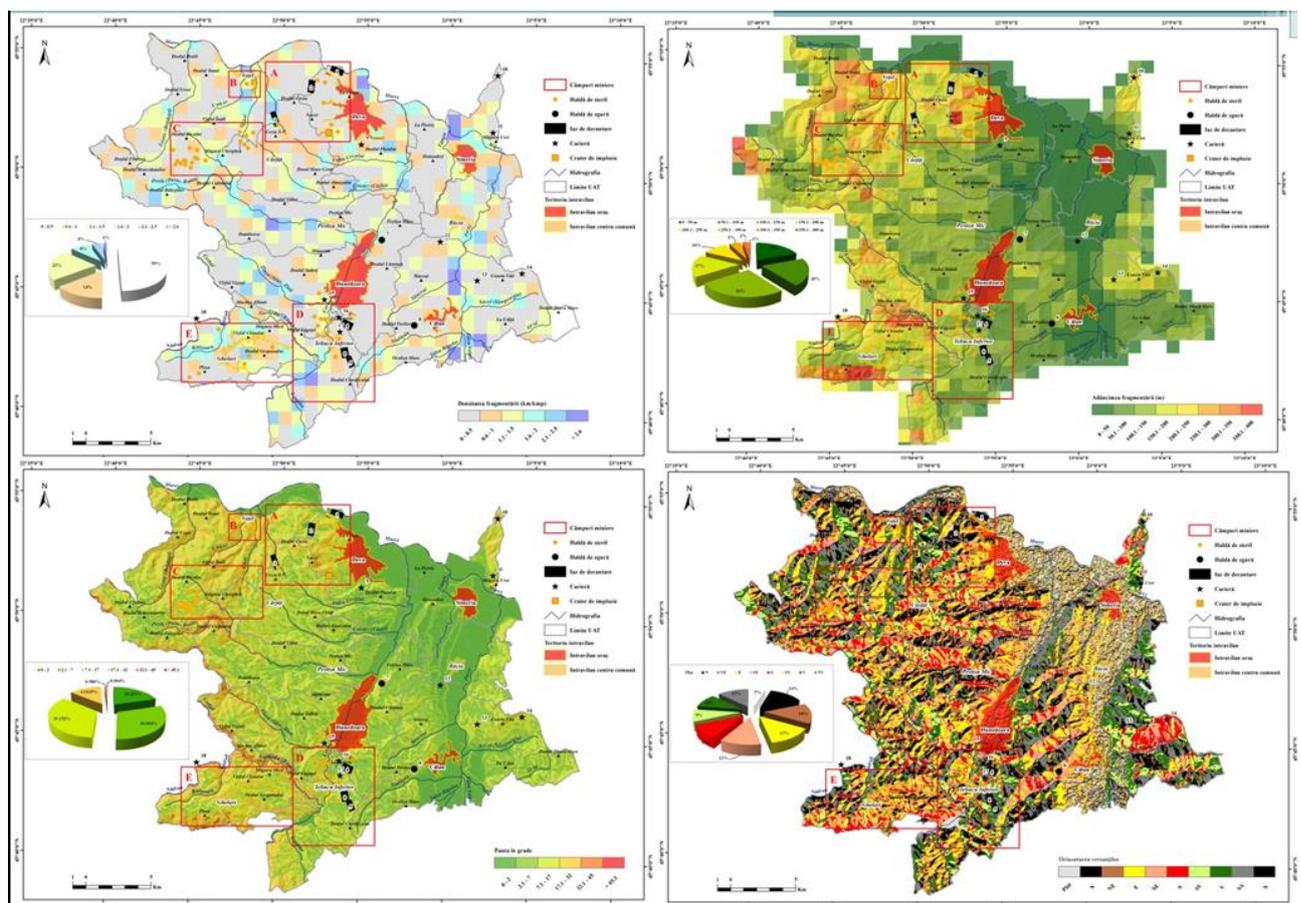


Figure 13. La carte de densité d'écoulement, Figure 14. La carte de drainage de profondeur, Figure 15. La carte des pentes, Figure 18. La carte d'orientation des pentes de la région métropolitaine de Deva-Hunedoara

4.3. Paysage minier anthropique

En absence de l'ingénierie minière on ne peut pas faire l'analyse détaillée de l'aspect et de l'évolution du relief dans les zones minières. Au fil du temps, les scientifiques du monde entier se sont pliés, de façon responsable, sur cette question importante pour développer la société, mais qui a des répercussions évidentes dans l'évolution de la qualité de la vie.

Les activités minières et la transformation des minéraux ont modifié la dynamique des espaces qui sont en équilibre relatif, en accélérant l'érosion régressifs et en générant des paysages avec un haut degré d'entropie. On modifie les éléments géomorphologiques, on crée une nouvelle formation superficielle et on accélère les processus physico-chimiques.

La morphologie anthropique de la région métropolitaine Deva-Hunedoara

4.3.2.1. Les microformes positives construites par l'accumulation

a) Dans la région métropolitaine Deva-Hunedoara on distingue trois grands types de **terrils**, classifiées par l'origine et les caractéristiques de déblais. On compte:

- 41 terrils de déchets résultant de grattage ou creuser des caves situées à la proximité des zones minières.



Figure 20. Dépôt des résidus de l'ancienne mine de cuivre de Caoi (Vetel)



Figure 21. Dépôt de stérile de la Vallée de Banii (Ghelari)

- 2 terrils, un à Buituri, situé au nord de Hunedoara, à côté droit du Cerna, dans la plate-forme sidérurgique de nord-est et celle de Calan, situé au flanc de Colline Perilor, au sud-ouest de la plate-forme industrielle.

- 3 terrils de carrière: Valea Nădrabului, Zlaști et Teliuc III.

Au sud de la carrière de dolomite et de calcaire de Craciuneasa, au long de la route, le terril Valea Nădrabului est formé par le lavage de roches et par le pompage de déchets liquides. Le terril (*figure 25*) a une longueur de 560 m, une largeur maximale d'environ 50 m, une superficie de 7,5 ha et une hauteur de 45 m. C'est l'un des plus grands gisements de roches stériles. Une grande partie de son volume a été transporté par la rivière de Nădrab et plus loin, par la Cerna.



Figure 25. Image satellitaire sur le terril Valea Nădrabului

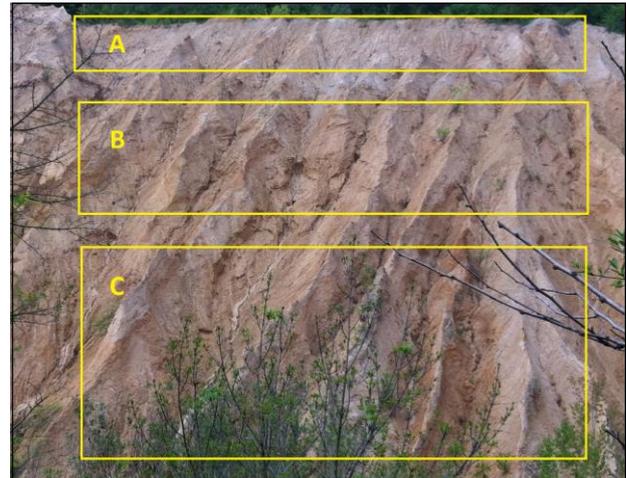


Figure 26. Le terril Valea Nădrabului

L'analyse d'un secteur du terril on peut conclure qu'il s'agit d'une érosion typique linéaire, où l'intensité de l'érosion se diminue du bas, et la fréquence des organismes torrentiels poussent dans la même direction. Au sommet du terril (fig. 26 A) l'action d'érosion des ruissellements d'eau ou de la pluie, qui tombe sur les versants, se manifeste par de petits canaux parallèles, avec une distance de 5-10 cm entre eux. La bande située au milieu du terril est plus large (fig. 26 B). Ici, la fréquence des rigoles est de 1 à 1,5 m. A la base du terril (fig. 26 C) les ravines s'approfondit de plus de 1 m et la distance entre eux est de 2-3 m. L'aspect du terril témoigne que le relief atteint une phase maximum de dégradation et d'érosion.

b) **les étangs**: réservoirs de déchets liquides en résultant du coupage hydraulique ou hydromécanique des minerais ou des roches.

Selon les caractéristiques de la terre sur laquelle on a placé le bassin de résidus, il y a:

- des étangs "de champs" ou "de plaine alluviale", situés sur une surface plane ou en pente douce, ou le remblai initial est construit, en cours de fonctionnement, tout autour du dépôt de résidus, en limitant la totalité du périmètre avec un remblai construit. Dans la zone d'étude l'étang Lunca Muresului est un étang typique de plaine alluviale.

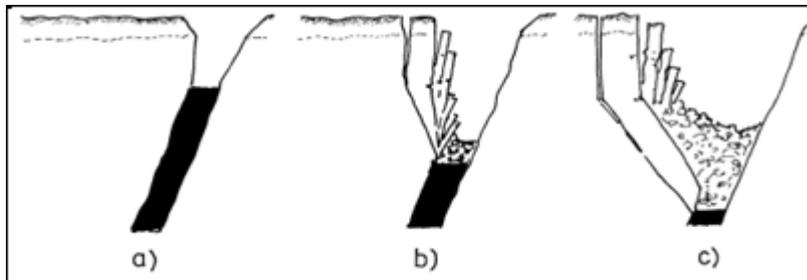
- les étangs "côtière", situé sur les surfaces inclinées. Un tel type est L'Etang no. 1 Valea Carboneului de Teliuc, trouvé depuis 1975 en conservation. Une partie du volume de déchets déposés a été retiré afin de recyclage.

- les étangs de "vallée", est construit par le croisement d'une vallée. Derrière du barrage le stérile augmente progressivement pendant le fonctionnement; le barrage de queue peut être construit au niveau final ou on peut également être soulevée dans le temps. Cette catégorie comprend: l'étang Valea Herepeiei, Valea Devei et les étangs no. 2 et 3 Valea Podului de Teliuc.

4.3.2.2. *Microformes négatives créées par la déformation de la surface de la terre des mines souterraines.* L'extraction de substances utiles produit des déformations à l'intérieur de la masse, ce qui déstabilise les roches environnantes. Les roches fracturées sur le contour d'excavation sont mis en mouvement, le mouvement les envoie à la profondeur sur une distance qui dépend de plusieurs facteurs (Onica, 2006).

Les études techniques et scientifiques dans le domaine ont mis en place deux grands types de mouvements:

a) les immersions discontinues qui produisent une grande déformation à la surface du sol, générés par les mouvements des couches de la surface au-dessous du vide résultant des activités d'exploitation souterraine. L'effondrement progressif de la roche du toit casse les roches de la couche supérieure (*figure 32*) et élargit le trou formé (Onica, 2006).



a,b,c= différentes tailles du profondeur d'exploitation

Figure 32 : Développement progressif du phénomène de rupture de toit avec la profondeur, où les couches épaisses de l'extraction du minerai ont une grande inclinaison
(après E. Hoek, 1974)



Figure 33: Cratère d'implosion de la Mine de Deva

La méthode d'exploitation par l'effondrement de couches appliquée à la Mine de Deva pendant les années 1975-1990, a généré un cratère d'implosion (*figure 33*) avec une profondeur d'environ 200 m, qui est resté jusqu'à nos jours.

b) les immersions continues sont liés au "lit d'immersions" qui s'élargit et s'approfondit progressivement en avançant avant l'exploitation minière.

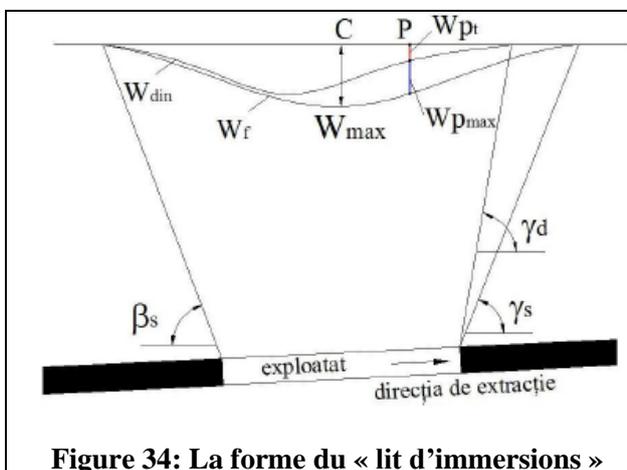


Figure 34: La forme du « lit d'immersions »



Figure 35: Le terrain de la mine principale de Ghelari touchés par l'immersion

4.3.2.3. Microformes négatifs formés par l'exploitation et l'organisation des carrières

Après le grattage de la zone initiale on fait des trous de forage pour charger des explosifs. L'extraction est réalisée par des échelons linéaires ou concentriques et la matière utile est entièrement retirée. Actuellement, seulement quelques carrières restent actives, elles sont gérées par des entités économiques privées. Si les carrières productives donnent aspect inesthétique du paysage, leur fermeture assure l'amélioration de l'environnement.

Le changement de l'albédo à l'intérieur de la carrière induit un microclimat spécifique dans la région. La poussière provenant des activités d'exploitation minière est souvent transportée par le vent sur les zones environnantes.

4.3.2.4. Microformes résultant de nivellement anthropique

L'implosion des bâtiments abandonnés a généré des quantités importantes de débris (plus de 22.000 m³ seulement à Calan). Après une stabilisation de microformes humaines artificielles résultant de l'exploitation minière il résulte des surfaces terrestres plates qui exigent des travaux géotechniques applicables.

La décontamination des terres est axée sur l'amélioration de la qualité des eaux souterraines, le traitement des sols et du goudron stabilisé. Le stockage de substances toxiques, les dépôts de minerai non utilisés ont été obtenus par leur relocation dans les microdépressions créées et doublées par des membranes géotextiles (figure 41).



Figure 41: Travaux de nivelage sur la plate-forme sidérurgique de Hunedoara



Figure 42: La rehabilitation du plate-forme sidérurgique de Călan

Chapitre 5 L'IMPACT DES ÉLÉMENTS NATURELS SUR L'ÉVOLUTION DU RELIEF ANTHROPIQUE DANS LA RÉGION MÉTROPOLITAINE DE DEVA-HUNEDOARA:

5.1. Impacts des changements climatiques sur la région et les technostructures

Les problèmes liés au climat de la région étudiée sont importants, suite à leur impact sur l'évolution spatio-temporelle des technostructures minières. Les fluctuations de la température de l'air et du sol, l'intensité et la quantité de précipitations, la vitesse et la

direction du vent favorisent les processus géomorphologiques actuels qui se sont installés sur les microformes positives ou négatives résultant des activités minières. Les caractéristiques du climat influencent la dispersion ou la réduction des polluants dans l'atmosphère, affectant la santé et le confort de la population locale.

Au cours des dernières années, on a constaté une légère augmentation de la température annuelle moyenne, à cause des émissions de polluants, en particulier celles de dioxyde de carbone, résultant de diverses activités économiques et sociales.

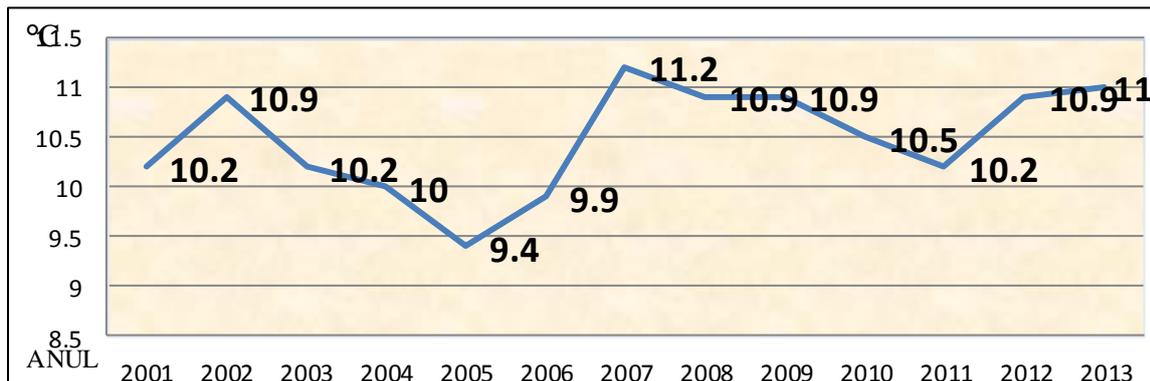


Figure 43: La variation de la température moyenne annuelle dans la période 2001-2013 à Deva (Source: L'Agence Nationale de Météorologie)

Les travaux de grattage et la présence des dépôts de déchets déterminent le changement de l'albédo. Bénéficiant de couleurs généralement plus claires que les zones environnantes, les technostructures d'exploitation minière favorisent la réflexion du rayonnement solaire et induisent une diminution de la température à leur surface.

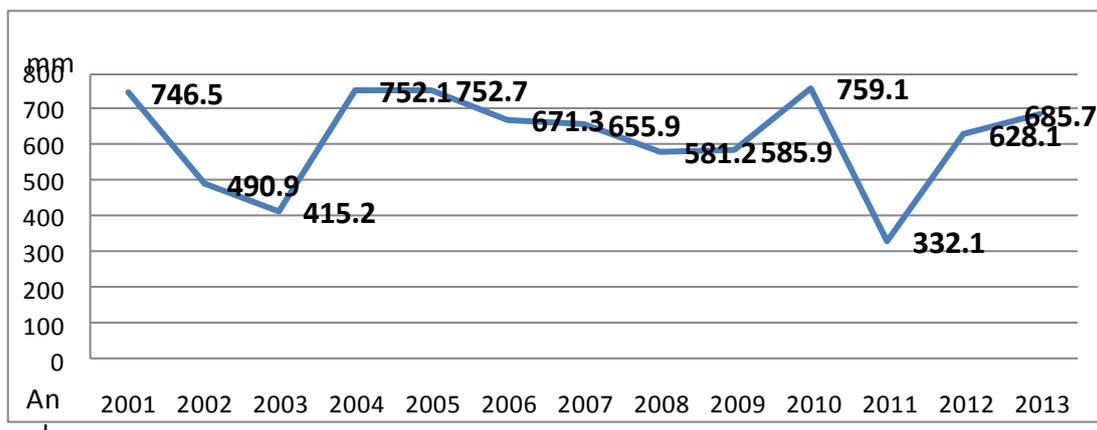


Figure 44: La variation de la quantité moyenne annuelle de précipitations à Deva, dans la période 2001-2013 (Source: L'Agence Nationale de Météorologie)

Ce dernier temps, le régime des précipitations ne présente plus une évolution typique, avec des maximums en Juin et des minimums en Février, les variations étant plus fréquentes. Les hauts et les bas sont de plus en plus imprévisibles et ne peuvent plus être estimés pour certaines périodes de l'année.

La relevance du vent pour l'évolution du relief technogène est donnée par le phénomène de déflation. Les émissions de particules et de poussières sont les types principaux de polluants atmosphériques liés aux activités minières. Les sources d'émission de particules sont les différentes étapes des activités minières: la construction, l'exploitation et la fermeture des activités minières : le forage, le dynamitage, la manipulation, le traitement et le transport des sols et des roches. Suite à l'action du vent sur les surfaces perturbées (mines à ciel ouvert, stériles, amas de terre végétale, zones dépourvues de végétation), l'émission de ces polluants naturels continue.

La sécheresse a réduit la cohésion des résidus de la surface des microformes, facilitant l'éparpillement ou le lavage du stérile. En même temps, elle peut affecter l'évolution des plantes cultivées sur les dépôts (figure 46.).



Figure 46: Le phénomène de sécheresse qui affecte un étang dans la vallée du Mures. (1999)

Le topoclimat des technostructures minières, des carrières, des décharges et des bassins de résidus est influencé principalement par les caractéristiques physiques des surfaces (couleur, type de roche ou de déchets). L'albédo des surfaces découvertes induit une légère diminution des températures de l'air sur ces espaces technogènes et favorise l'occurrence du phénomène d'inversion thermique dans la profondeur des excavations ou des fosses situées à l'intérieur des carrières.

En conclusion, le climat, grâce à ses éléments caractéristiques, déclenche, soutient et accélère les processus et les phénomènes de modélisation des reliefs naturels et des microformes anthropiques générés par les activités minières. Le changement climatique observé pendant les dernières années est aussi une conséquence de l'impact des activités humaines. La fréquence des événements météorologiques extrêmes amplifie l'érosion, le transport et l'accumulation des particules, ce qui modifie la morphologie du relief jusqu'à sa forme d'équilibre relatif. Les vents transportent des particules sèches qui affectent la photosynthèse des plantes. L'ensemble de l'écosystème est perturbé et les manifestations climatiques extrêmes augmentent la vulnérabilité de la population.

5.2. Apport de l'hydrographie à la modélisation du paysage anthropique

L'eau constitue un facteur écologique important par ses propriétés physico-chimiques, par sa dynamique. Elle s'impose dans le milieu géographique, en contribuant à l'échange d'énergie, de matière et d'information entre les composantes de l'environnement.

Les eaux souterraines y sont présentes, dans les nappes phréatiques ou de profondeur (mésothermales, salées) et le remblayage hydraulique des galeries des mines a induit artificiellement leur présence dans certaines zones. L'infiltration des eaux dans le corps des technostructures déclenche des processus chimiques et de pollution, même dans l'espace adjacent.

Les rivières. Le système fluvial de la région métropolitaine de Deva-Hunedoara est tributaire au bassin du Mures. Toutes les rivières et les ruisseaux y sont caractérisés par un faible débit en été et par une différence modérée entre le maximum et le minimum pendant l'année. La rivière Mures a un régime hydrologique caractérisé par une vitesse d'environ 1 m/s, semblable aux valeurs enregistrées dans le secteur d'embouchure. Le débit moyen pendant la période 2008-2012 était de 151,52 m³/s. Près de Deva, le niveau habituel des eaux du Mures mesure 1-3 m et la largeur du lit mineur atteint 130 m.

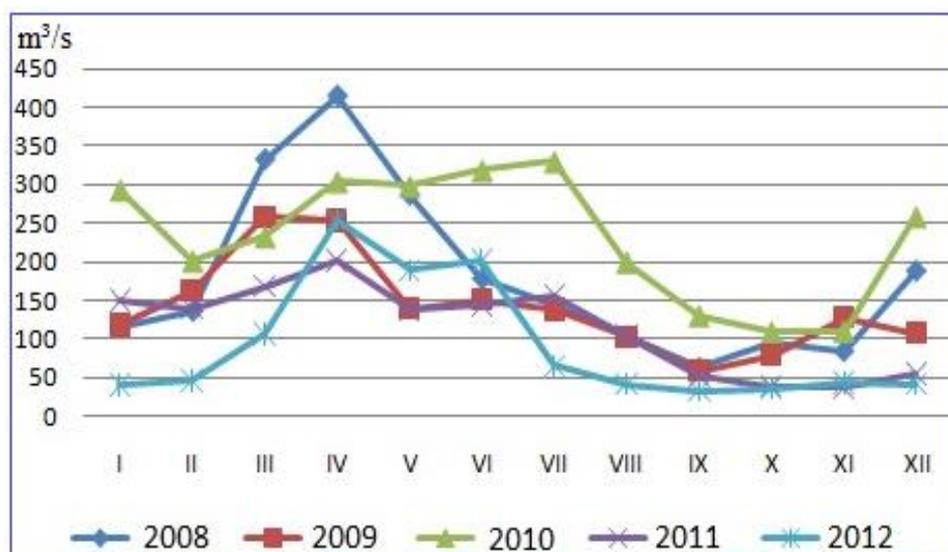


Figure. 47: Évolution du débit mensuel de la rivière Mures à la station hydrométrique Branisca, en 2008-2012 (source: Direction de la Gestion de l'Eau du Département de Hunedoara)

La région que nous étudions appartient au cours moyen et inférieur de la rivière Cerna, affluent du Mures (environ 30 km).

Les cours d'eau ont été perturbés dans leurs zones d'origine par l'exploitation minière et le déversement des déchets dans le lit ou sur les pentes des vallées. L'aménagement des étangs dans les vallées des rivières à Deva, Herepeia et Valea Podului a barré les cours d'eau

ayant des débits faibles ou temporaires. À la "queue" de la plage de stérile ont apparu des réservoirs de résidus de différentes dimensions (Fig. 50). Mais après que l'activité polluante fut arrêtée, la purification naturelle de l'eau a commencé et à présent, ces zones aquatiques sont peuplées d'une faune de poissons.



Figure. 50 : Changeement du paysage par l'aménagement des étangs
(sources : fragment de la Carte Joséphine et www.google.maps)

Dans la région étudiée il existe des lacs de stockage à Cincis, des étangs naturels ou aménagés dans la vallée du Mures et des étangs formés à l'intérieur des exploitations en carrière à Teliuc.

5.3. La composante édaphique dans les zones minières

La région métropolitaine de Deva-Hunedoara, ancien foyer de civilisation d'une grande diversité lithologique et riche en ressources variées, a subi de nombreuses interventions anthropiques depuis les temps historiques.

La couverture édaphique de la région étale des sols zonaux, spécifiques pour les régions collinaires et montagneuses, des luvisols et cambisols et, sur des espaces plus étroits, on retrouve des sols azonaux. Sur les technostructures minières s'installent les protisols et les technosols.

Dans les vallées, la grande humidité et le régime aérohydrique faible rendent à ces sols un faible degré d'utilisation.

L'entiantrosol (le technosol, après SRTS 2012), sol en cours de formation sur les matériaux d'origine anthropique qui ont une épaisseur de moins de 150 cm, est caractérisé par la présence d'une surface horizontale ocrique (Ao), d'une profondeur de moins de 10 cm, très pauvre en éléments nutritifs. Le technosol est répandu dans les zones où l'activité humaine a entraîné la formation de sols artificiels et le processus de pédogénèse est influencé par les matériaux d'origine anthropique (débris, scories, résidus, etc.).

5.3.2. La dégradation des sols dans les zones minières se produit par:

1. la pollution (la dégradation) du sol dans les exploitations minières « à jour », dans les puits et les carrières;
2. la pollution dans les dépôts, les décharges, les résidus, les étangs;
3. la pollution par les déchets et résidus anorganiques (minéraux, matières anorganiques, y compris des métaux, des sels, des acides, des bases) et industriels (dans les exploitations minières).
4. la pollution avec des substances polluantes portées par l'air (hydrocarbures, ammoniac, dioxyde de soufre, chlorures, fluorures, oxydes d'azote, composés du plomb).

5.4. Les caractéristiques de la couverture biotique

La végétation forestière est représentée par les forêts de chênes qui ont de nombreuses sous-espèces associées dans différentes combinaisons.

La végétation herbacée des pâturages et des prairies comprend: le pourpier, le trèfle sauvage, la fétuque, la renouée, le mauve nain, le liseron.

La végétation des zones humides, des plaines d'inondation, comprend des associations de fétuque, de queue de renard, des associations de carex, de la manne, etc.. Celle-ci représente un indicateur du compactage et des phénomènes de gleysation des technostructures.

Sur les étangs de stérile on a cultivé des acacias, pendant les travaux de réhabilitation.

5.4.5. *La faune* de la région est représentée par: des mammifères: le lapin, le renard, le sanglier, le chevreuil, le chat sauvage, le blaireau, l'écureuil, le loup, la martre etc., des oiseaux: le coucou, le pic, le geai, le corbeau, le rossignol, l'alouette des champs, le faisan etc., des poissons: le chevesne, la carpe, le gardon, le brochet, la perche.

Chapitre 6: LES ALÉAS ET LES RISQUES D'ORIGINE ANTHROPIQUE DANS LA RÉGION MÉTROPOLITAINE DE DEVA-HUNEDOARA

6.1. Les aléas apparus dans les zones minières

Les aléas apparus dans les zones minières peuvent être classés en deux grandes catégories:

- a) les aléas provoqués par l'activité humaine: les explosions dans les galeries des mines (aux Etats-Unis en 1947, en Roumanie: à Vulcan, en 2001, 2006 et à Petrita en 2010);
- b) les aléas déclenchés par des facteurs naturels: ruptures ou glissements de résidus provoqués par:

- les tremblements de terre (au Chili, en 1965, aux Philippines, en 1996 etc.);
- les fortes pluies (au Royaume-Uni en 1966, aux Etats-Unis en 1972, en Italie en 1985, en Chine en 1988, en Afrique du Sud en 1994, en Indonésie en 2000, en Hongrie en 2010, au Canada en 2014).

Dans le département de Hunedoara on compte l'accident de Certejul de Sus, qui a eu lieu le 30 Octobre 1971 et l'accident produit sur le terril de Buituri en 2008.

6.2. La susceptibilité des territoires à l'érosion et les mouvements de masse

La notion de susceptibilité, comme probabilité spatiale de la manifestation d'un ou plusieurs aléas naturels (Crozier, Glade, 2005), est proposée pour remplacer le terme de «vulnérabilité», à la phase de pré-événement, ainsi que la « résilience » pour définir le même terme, mais après la manifestation de l'événement. La susceptibilité est dépendante des facteurs physiques et géographiques, tandis que la résilience est due aux caractéristiques socio-économiques (Schneiderbauer, Ehrlich, 2004).

6.3. Risques liés aux activités minières

La probabilité de la production de phénomènes ou processus ayant des conséquences nuisibles pour l'environnement et la population vivant dans cette zone est définie par le risque. Celui-ci exprime le niveau prévu des pertes matérielles et biologiques provenant de l'interaction entre les catastrophes naturelles ou anthropiques et les conditions de vulnérabilité d'un territoire (Tricart et collab., 1992).

Les risques induits par les processus géomorphologiques contemporains

a) Les mouvements de masse:

- *des écoulements* sur les résidus non consolidés, provoqués par de fortes pluies et par la rupture des barrages ou des digues latérales (par exemple, l'accident de Certej-Săcărâmb, en 1971, qui s'est soldé par 89 morts ;
- *des glissements de terrain* sur les versants des terrils (à Buituri, au nord de Hunedoara, en 2006) ou sur les talus des étangs de décantation (Étang no. 2 de Teliuc Valea Podului, en 1988-1990), provoqués par des travaux d'exploitation non autorisés, par les vibrations dues à la circulation ou à la surcharge des versants boisés (probablement, le talus de l'étang situé dans la Vallée du Mures);
- *l'écrasement et le roulement*, sur les terrils ayant des talus en fortes pentes (plus de 35-40°) ; à cause des roches qui ont une grande granulation sur les surfaces rugueuses, ceux-ci perdent leur état d'équilibre (le terril situé à l'entrée de la mine de Ghelari-Est).

b) L'érosion hydrique

- *l'érosion aréolaire*, causant le lavage de la couche mince du sol recouvrant les terrils ou les étangs réhabilités;
- *l'érosion linéaire*, menant à la parution des microformes du type rigoles et ravins, qui peuvent affecter la stabilité des dépôts. Beaucoup de ces microformes sont dues à la multiplication des voies d'accès et des sentiers créés par la suite.
- *le compactage par suffusion* se manifeste par l'apparition des fosses de tassement sur les plates-formes, ce qui s'explique par la porosité variée, dépendant de la composition chimique des roches et de la technologie de construction appliquée;
- *le marécage*, où l'excès d'humidité est dû aux grains fins qui empêchent l'infiltration de l'eau, mais aussi à la hausse du niveau des eaux souterraines.

Les risques induits par le climat se manifestent sur les technostructures des exploitations minières en cas de:

- *tempêtes de sable et de poussière*, des perturbations atmosphériques accompagnées de vents forts, qui déforment les dépôts, entraînant des quantités significatives de poussière (du stérile sec). Avant l'implémentation du programme d'écologisation de l'étang de la Vallée du Mures, situé à 3 km à l'ouest de Deva, où les masses d'air viennent principalement de l'ouest, ce phénomène était fréquent, affectant le confort et la santé de la population locale;
- *sécheresse*: de plus en plus présente ces derniers temps, elle annihile les efforts d'écologisation et détruit la couche végétale.

Les risques induits par les activités anthropiques influencent l'évolution des dépôts de résidus par:

- *l'élevage* ; la lente formation des «chemins de bétail» dans les pâturages mène à la destruction de la mince couche de végétation spontanée et du sol formé. Ainsi, les résidus montent à la surface et ils sont soumis à des processus de déflation (l'étang de la Vallée du Mures);
- *les feux de forêt*, dus à l'aridité du climat, à la densité des plantations d'arbres et à l'emplacement des technostructures minières près des voies d'accès;
- *l'exploitation des ressources* contenues dans la masse de stérile, notamment l'exploitation et l'emploi de la scorie dans la fabrication des matières de construction ou pour la construction des routes ;
- *la perte de la stabilité des terrils et la rupture des digues des étangs de décantation* - aspects prévisibles pour l'étang de la Vallée de Deva. Dans ce cas, plus d'un million de m³ de résidus s'effondrerait sur la route européenne 68 et aussi sur le chemin de fer Simeria-Arad et barrerait la vallée du Mures, provoquant des crues et même la déviation de la rivière ;

- les accidents des travaux d'ingénierie. La plupart des terrils et des étangs de décantation situés dans l'espace étudié ont été inclus dans des programmes de conservation et d'aménagement du territoire. Au cours de ces travaux, une série d'accidents peut se produire à cause du non-respect des processus de production et des règles de protection et de sécurité.



Figure. 66: La déflation sur l'étang no. 2, 3 à Teliuc Fig. 67: "Inselbergs" sur l'étang no. 1 Teliuc

6.4. La vulnérabilité de la population face aux risques induits par l'exploitation minière

La vulnérabilité peut être identifiée par un ensemble de facteurs qui déterminent la mesure dans laquelle la vie des personnes, les biens et les actifs sont exposés au risque d'un événement distinct et identifiable dans la nature ou dans la société (Wisner et al., 2004). La pression humaine exercée sur l'environnement naturel, afin de répondre aux besoins de survie, a changé l'évolution des systèmes d'énergie de la Terre. Ces systèmes ont eu, à leur tour, un développement dynamique pendant des temps géologiques. L'augmentation de la vulnérabilité des communautés pourrait s'expliquer par les changements d'énergie à l'échelle planétaire qui assurent la production et la manifestation des phénomènes naturels.

A base de la formule:
$$V = \frac{S_{min}}{S_{tot}} \times P_{tot} \times C_{risque} \quad \text{où:}$$

S_{min} = la superficie des technostructures minières,

S_{tot} = la superficie de l'unité administrative territoriale totale,

P_{tot} = le nombre de population de l'unité administrative territoriale,

C_{risque} = le coefficient de risque établi dans les documents législatifs,

la vulnérabilité a été calculée pour chaque unité territoriale administrative de la région métropolitaine de Deva-Hunedoara.

Après l'application de la formule spécifique pour évaluer la vulnérabilité de la population aux risques induits par les activités minières, on peut établir une connexion avec

les évaluations de vulnérabilité associées à trois classes (*Alexander, 2005, citè par Dana Gojii et Surdeanu, 2008*) pour la région métropolitaine de Deva-Hunedoara: vulnérabilité réduite, vulnérabilité moyenne et vulnérabilité augmentée.

Chapitre 7. STRATÉGIES DE RECYCLAGE ET DE REINSERTION FONCTIONNELLE DES RÉGIONS MINIÈRES DÉGRADÉES DANS LA BANLIEUE MÉTROPOLITAINE DE DEVA-HUNEDOARA

7.1. Développement durable et conversion écologique

L'aspect désolant des ruines - témoins de l'activité minière (carrières, mines et bâtiments abandonnés) a été diminué par les paysages de montagne et une végétation abondante qui envahit au printemps les voies routières. Le grand panorama ouvert sur les hauteurs des monts Retezat met en évidence l'attrait incontestable des interfluves et des plates-formes lisses.

Le paysage de montagne a été touché par l'exploitation minière, par l'emplacement des immeubles des familles de mineurs, bâtis sur les collines de Ghelari et de Muncelu Mic. Les travaux de réhabilitation portés sur les technostructures minières sont complexes et atteignent tous les composants de l'environnement. À présent, l'écosystème se développe dans un équilibre relatif, établi entre son potentiel naturel et l'exploitation économique qui est en plein processus de changement.

7.2. L'emploi du territoire

Selon les données fournies par le Bureau du Sol et des Études Agrochimiques du Département de Hunedoara, on constate une prédominance des terres à usage agricole - de 30,071.67 ha (47,5% de la superficie totale de la région métropolitaine), suivie par les régions forestières, avec 25,950.54 ha (41%), l'habitat occupant 4165,75 ha (6,58%), enfin les terres dégradées totalisant 1004,03 ha (1,59%).

Les zones industrielles, qui comprennent les plates-formes et les objectifs industriels, y compris les technostructures s'étendent sur 855,99 ha (1,35%), les principales voies de communication routière et ferroviaire occupent 655,97 ha (1,03%) et les surfaces aquatiques 603,04 ha (0,95%).

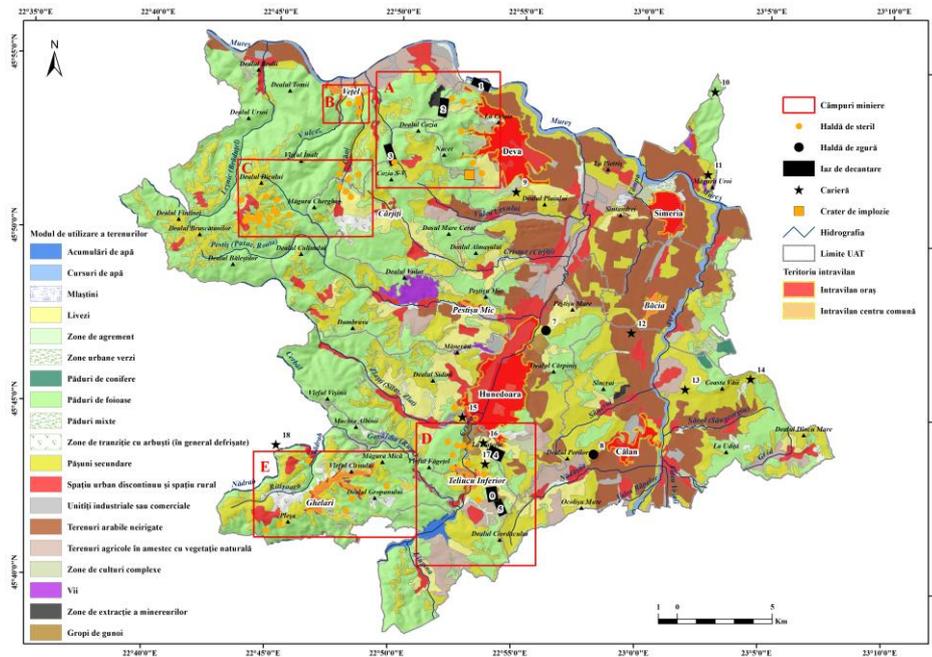


Figure 71 - La banlieue métropolitaine de Deva-Hunedoara – La carte de l’emploi du territoire (d’après Corine Land Cover 2006)

7.3. Stratégies de réhabilitation des technostructures

Pour atteindre les exigences internationalement acceptées concernant le problème de l’environnement, il est nécessaire une approche uniforme, à l’échelle nationale, du problème de la fermeture et de la réhabilitation des zones minières.

À cet égard, la décision du Gouvernement no. 313/2002 a créé la société "CONVERSMIN" SA, pour la conservation et la fermeture des mines, avec la mission d'appliquer la politique de fermeture des activités minières dans toutes ses phases: la conservation, la conception du plan de réhabilitation, la fermeture, l’écologisation, la surveillance, la valorisation des matières utiles et l'assistance technique, même en cas de catastrophes.

7.3.1. Fermeture et préservation des exploitations minières souterraines

Dans la plupart des mines de la région métropolitaine de Deva-Hunedoara on a effectué le remplissage hydraulique ou l’inondation des galeries de mine, en utilisant des sources locales (sources d’eau, eaux souterraines). Pour éviter l'affaissement et les dommages sur les bâtiments à la surface et pour réduire l'impact environnemental, le drainage minier est contrôlé.

Sur les puits creusés dans la roche stable on a réalisé des travaux techniques: (d’après l’Archive de SC MINVEST Deva): la construction des dalles massives de béton dans les puits, le remplissage de la zone la plus proche de la surface, suivie par le remblayage avec du gravier ou du béton, à la tête des puits.

7.3.2. Fermeture et préservation de l'exploitation de surface

Selon la littérature de spécialité, du point de vue technique, on connaît quatre types de remblayage en carrières: total (en déplaçant tous les déchets résultant de l'exploitation), partiel (en stabilisant les pentes et les terrasses avec une couverture de sol), simultané (s'il y a plusieurs carrières le stockage se fait directement dans le trou ancien), ou par le remblayage hydraulique (inondation de l'excavation, ce qui forme un lac de mine).

7.3.3. Reconversion écologique des décharges de déchets

La réhabilitation "in situ". Les décharges composées de roches non toxiques sont soumises à de nombreux processus d'altération physico-chimiques, qui vont encore fonctionner pendant une longue période, en particulier dans leurs couches supérieures, en accélérant le processus de pédogenèse et l'installation spontanée de la végétation. Ce remède "in situ" se fait de façon naturelle, lorsque ces formes anthropiques sont plus petites. Les décharges actuelles sont recouvertes de différents matériaux lithologiques, en constituant les protosols.

7.3.4. Reconversion écologique des étangs

La technologie de la couverture de terre végétale a été appliquée sur les étangs Lunca Muresului et Valea Herepeiei. Le remodelage et l'aggradation des étangs sont destinés à réduire la déflation et à augmenter la stabilité des reliefs anthropiques jusqu'à un équilibre relatif.

Le drainage des eaux accumulées à la surface des résidus doit être correctement réalisé pour empêcher l'infiltration et l'installation des glissements de terrain et de l'érosion. La revégétalisation des couvertures de sol est réalisée par étapes, en commençant par l'enherbement, pour obtenir une protection immédiate contre l'érosion et en continuant avec la plantation des arbres ou des arbustes, pour stabiliser les technostructures.

7.4. La surveillance des technostructures minières

Parmi les activités de l'organisme investi de la conversion et de la gestion environnementale des zones minières (SC CONVERSMIN SA), on peut citer sa participation à un système national de contrôle minier informatisé (SNIM), une nouveauté dans le domaine, visant à approfondir les préoccupations pour l'évolution des technostructures et à fournir des solutions scientifiques pour ne pas dépasser certains paramètres critiques.

Les fonctions assignées au système national sont les suivantes:

- faciliter l'administration et la gestion des questions environnementales et des processus d'exploitation minière;

- assurer le stockage des informations et faciliter l'accès aux techniques pour améliorer l'environnement;

- surveiller l'impact permanent des technostructures sur l'environnement;

- observer et rapporter en temps utile tous les dangers;

- savoir appliquer un plan d'urgence et un système d'intervention efficace.

Actuellement, la surveillance implique la mise en œuvre d'un système d'observation de la stabilité du terrain des résidus pendant l'écologisation, l'exécution des travaux, et après la période de garantie. L'activité de surveillance des technostructures disposées dans la région métropolitaine de Deva-Hunedoara concerne l'évolution de chaque élément physique et géographique et l'identification de solutions pour s'assurer que tous les paramètres sont fonctionnels.

Chapitre 8 : ÉTUDE DE CAS: MODÈLE DE GESTION ÉCOLOGIQUE DE LA CARRIÈRE DE FER DE TELIUC

8.1. Caractéristiques morphométriques de la carrière de fer de Teliuc

Situé au sud-est du village de Teliuc, parmi de nombreuses technostructures aménagées près de Hunedoara, la carrière de fer abandonnée a un fort potentiel d'intégration dans le paysage.

Après le glissement de terrain de 1991, la carrière a été fermée et le niveau de l'eau du lac a augmenté, sa profondeur mesure actuellement 40-60 m. La longueur de la surface d'eau (fig 85.) est de 840 m, sa largeur maximale est de 500 m. Le mur nord-ouest de la fosse remonte à plus de 30 m au-dessus de la surface du lac.



Figure 85. La carrière de fer Teliuc

8.2. L'inondation de carrière: une solution verte

Une solution minière pour la conversion écologique des carrières est l'inondation de la tranchée et la formation d'un lac de mine.

L'inondation de la carrière offre, en générale, la possibilité de créer un paysage aux caractéristiques uniques - lac de mine - et habitats écologiques (Spalding et al. 1999.). Le microclimat des carrières inondées contribue à entretenir des conditions particulières, constituant un refuge potentiel pour les espèces rares.

8.3. L'intégration dans le paysage et l'utilisation touristique de la technostructure réhabilitée

La réhabilitation écologique et l'utilisation touristique de la carrière de fer de Teliuc nécessitent un projet complexe, les deux processus étant séparés.

La présence d'une masse de glissement sur le côté nord-est de la fosse pourrait induire un problème de stabilité. Les analyses chimiques de l'eau sont importantes pour établir l'utilisation du lac. Nous proposons un espace hôtelier moderne sur le mur vertical avec une vue généreuse sur la rive opposée, situé au sud-ouest.

L'espace peut être polyvalent, utilisé pour des conférences, des expositions ou comme restaurant. La zone de loisirs est prévue sur le côté est et sud-est du lac, où l'on pourra installer des quais et des jetées pour la pêche, ainsi qu'un port de plaisance pour louer des petits bateaux.

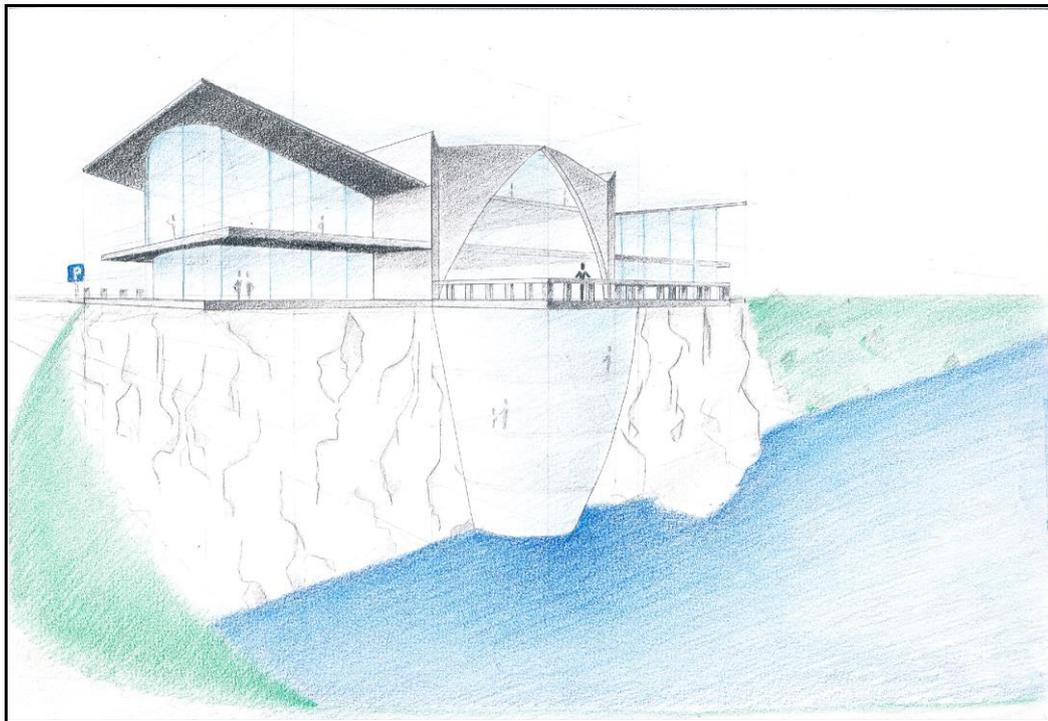


Figure 89. Le modèle proposé pour l'espace d'hébergement du complexe touristique de la Carrière de fer Teliuc (Auteur: Janos Bianka)

La conversion touristique de la région appartenant au domaine de l'exploitation minière Teliuc représente l'une des possibilités d'utilisation du territoire, ce qui offre des

opportunités d'emplois pour la population locale. L'activité de tourisme et les activités complémentaires (transport, restauration, informations touristiques, etc.) génèrent des revenus aux budgets locaux, ce qui assure le développement durable des communautés.

CONCLUSIONS

L'approche scientifique a porté sur une vue d'ensemble sur les conditions géologiques qui ont favorisé la formation du métal ou sur l'exploitation des ressources généreusement offertes par la lithologie. Les processus induits et les phénomènes naturels ont modifié la morphologie de la région dans la zone des dépôts et des vides anthropiques créés. Une analyse détaillée des microformes anthropiques générées par l'exploitation minière a permis leur inventaire et leur classification. Les prédicteurs morphométriques des formes nouvellement créées fournissent des informations précieuses sur les caractéristiques et les stratégies de réhabilitation écologique.

Les éléments de nouveauté apportés par cette thèse sont:

- la présentation de quelques ouvrages scientifiques qui ont abordé le thème choisi;
- la proposition d'une nouvelle association administrative: la région métropolitaine, en élargissant l'agglomération Corvinia avec trois unités administratives-territoriales situées dans les zones d'intérêt de Deva et Hunedoara;
- l'analyse et la cartographie des prédicteurs morphométriques du relief dans l'espace de recherche;
- l'inventaire, la cartographie et la présentation des microformes générées par les activités minières dans la région métropolitaine de Deva-Hunedoara;
- la reformulation des termes techniques en langage géomorphologique (ex. „cratère d'implosion" pour " fosse d'affaissement»);
- l'inventaire et la présentation des travaux de réhabilitation écologique appliqués sur les technostructures minières existantes dans l'espace d'étude;
- l'avancement des stratégies post étude de réadaptation compatibles avec la spécificité de chaque technostructure;
- la proposition d'une formule mathématique pour évaluer le degré de vulnérabilité de la population aux risques induits par les activités minières;
- l'analyse des facteurs de risque qui favorisent l'apparition des aléas sur les technostructures et la proposition de solutions pour les atténuer ou les prévenir;
- le développement d'un plan de gestion environnementale de la Carrière de fer de Teliuc par son intégration dans le paysage touristique.

La modélisation du relief anthropique généré par les activités d'exploitation minière ne s'arrête pas après la fermeture des activités d'extraction. Le besoin de sécurité de la population et l'aspect esthétique du paysage stimulent la recherche, constituant un défi perpétuel pour les scientifiques de différents domaines. À l'avenir, la réorganisation de l'espace occupé par l'exploitation minière ou la recherche de nouvelles ressources vont générer dans le paysage d'autres technostructures qui vont nécessiter une surveillance permanente, jusqu'à ce que le relief atteigne son état d'équilibre.

BIBLIOGRAPHIE SÉLECTIVE :

1. Anghel, T., Surdeanu, V., (2007), *Reintegrarea funcțională a sistemelor geomorfologice degradate ca urmare a exploatării cărbunilor, Studiu de caz: halda de la Valea Mănăstirii – Bazinul Minier Motru*, Revista de geomorfologie, vol. 9:61-72
2. Arad, Susana, Arad, V., Chindriș, G., (2000), *Geotehnica mediului. Măsuri pentru reducerea poluării mediului prin lucrări geotehnice*, Editura Polidava, Deva, 232 p
3. Arad, Susana, Arad, V., Nistor, C., Baci, Fl., Nita, A., (2011), *Predicting ground movements in post mining activity from Romania*, Proc. of. 5th Conference on Environment and Mineral Processing, part. II, VSB TU, Ostrava, pp. 59-67
4. Armaș, I., (2006), *Teorie și metodologie geografică*, Editura Fundației România de Măine, București, pp. 115-119
5. Badea, L., Buza, M., (1991), *Culoarul Mureșului între Deva și Zam*, Studii și cercetări de geografie, tomul XXXVIII, București
6. Bălțeanu, D., (2004), *Modificări globale ale mediului*, Editura Credis, București, 155 p
7. Bălțeanu, D., Șerban, Mihaela, (2005), *Modificări globale ale mediului – o evaluare interdisciplinară a incertitudinilor*, Editura C.N.I. Coresi, București
8. Bennett, M.R., Doyle, P., (1997), *Environmental Geology*, John Wiley & Sons, Chichester, 501 p
9. Bilașco, Șt., Cocean, P., Nicula, Gabriela, Drăgan, Magdalena, (2014), *Condiționarea morfometrică a pretabilității de amenajare a teritoriului în Bazinul Văii Arieșului*, Geographia Napocensis, an VII. Nr. 1, Cluj-Napoca
10. Boroneanț, V., (2000), *Arheologia peșterilor și minelor din România*, Editura cIMeC-2000, București, 328 p
11. Brown, L.R., (2008), *Planul B 3.0 Mobilizarea generală pentru salvarea civilizației*, Editura Tehnică, București
12. Bud, I., Duma, Silvia, Denuț, I., (2005), *Accidente la iazuri de decantare*, Editura Risoprint, Cluj Napoca
13. Coteț, P., 1973, *Geomorfologia României*, Editura Tehnică, București
14. Crozier, M.J., Glade, Th., (2005), *Landslide hazard and risk: issues, concepts and approach*, in Glade, Th, Anderson, M.G., Crozier, M.J. (eds.), *Landslide hazard and risk*, John Willey & Sons Ltd, London, pp 1-40
15. Damigos, D., (2006), *An overview of environmental valuation methods for the mining industry*, Journal of Cleaner Production, Improving Environmental, Economic and Ethical Performance in the Mining Industry, Part 1., Environmental Management and Sustainable Development, G. Hilson (ed), volume 14, Issues 3-4, pp 234-247

16. Dávid, L, Karancsi, Z. (1999), *Analysis of anthropogenic effects of quarries in a Hungarian basalt volcanic area*, 2nd International Conference of PhD Students, University of Miskolc, Miskolc, 91-100
17. Duma, S., (1998), *Studiul geocologic al exploatărilor miniere din zona sudică a munților Apuseni, Munții Poiana Ruscă și Munții Sebeșului*, Editura Dacia, Cluj-Napoca, 380 p
18. Faludi, A. (2010), *Centenary paper: European spatial planning: past, present and future*, Town Planning Review, Liwerpool University Press 81 (1): 1-22
19. Floca, O., (1965), *Hunedoara-Ghid turistic al regiunii*, Editura Meridiane, București
20. Florea, M.N., (1979), *Alunecări de teren și taluze*, Editura Tehnică, București, 303 p
21. Florea M.N., (1996), *Stabilitatea iazurilor de decantare*, Editura Tehnică, București
22. Fodor, D., Georgescu, M. (1989), *Influența industriei miniere asupra mediului înconjurător și redarea în circuitul economic a terenurilor degradate (I și II)*, Rev. Mine, Petrol și Gaze, 40 (7): 301-309
23. Fodor, D., Băican, G., (2001), *Impactul industriei miniere asupra mediului*, Editura Informin, Deva, 392 p
24. Fodor, D., Lazăr, M., Rotunjanu, I., (2004), *Probleme de stabilitate a haldelor de steril și a iazurilor de decantare*, Revista Minelor, Nr. 5:23-28
25. Fodor, D., (2006), *Influența industriei miniere asupra mediului*, Buletinul AGIR, Nr. 3: 13
26. Goțiu, D., Surdeanu, V., (2006). *Impactul indus de exploatarea în carieră a calcarului de la Crăciunești*. Geography within the context of contemporary development, pp.106-112.
27. Goțiu, D., Surdeanu, V., (2007), *Noțiuni fundamentale în studiul riscurilor naturale*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca
28. Goțiu, D., Surdeanu, V., (2008), *Hazardele naturale și riscurile asociate din Țara Hațegului*, Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca
29. Grumăzescu, Cornelia (1975), *Depresiunea Hațegului, Studiu geomorfologic*, Editura Academiei, București
30. Hodor, N., Băcă, I., (2003), *Considerații privind relieful minier din cadrul Munților Igniș-Gutâi și a masivelor magmatice Țibleș și Toroioaga*, Studii și Cercetări, Geologie-Geografie, Bistrița, Nr. 8: 107-112
31. Horaicu, C., (2007), *Managementul riscului în industria extractivă*, Editura Tipo Moldova, Iași
32. Hosu, Maria, (2005), *Expunerea la risc geomorfologic a așezărilor din cadrul văii Someșului, urmare a morfodinamicii fluviale și instabilității versanților*, în volumul Riscuri și catastrofe, ed. V. Sorocovski, Editura Casa Cărții de Știință, Cluj-Napoca, an IV, nr. 2: 65-72
33. Ionică, V., Arad, V., (2012), *Evaluarea impactului asupra mediului în industria minieră*, Revista Minelor nr. 4, 2012
34. Irimuș, I.A., Surdeanu, V., (2003), *Factori antropici de risc asupra cuverturii edafice și dinamicii geomorfologice din bazinul inferior al Arieșului*, Studia Universitatis „Babeș-Bolyai” Cluj-Napoca, Nr. 2/2003
35. Jampa, A., (1989), *Particularitățile învelișului de soluri din Dealurile Hunedoarei și influența acestora asupra proceselor actuale*, Studii și cercetări de geologie, geofizică și geografie, t. XXXVI, București
36. Jude, R., (1986), *Metalogeneza asociată vulcanismului neogen din nord – vestul Munților Oaș*, Editura Academiei, București
37. Karancsi, Z., (2002), *Természetes és antropogén eredetű környezetváltozás a Medves-térség*
38. Krautner, H.G., (1984), *Munții Poiana Ruscă. Ghid turistic*, Editura Sport-Turism, București
39. Lazăr, M., (2010), *Reabilitarea terenurilor degradate*, Editura Universitas, Petroșani

40. Lu, M., (2004), *Pit lakes from sulphide ore mining. Geochemical and Limnological Characterisation before Treatment*. PhD Thesis, Lulea University of Technology, Department of Chemical Engineering and Geosciences, Division of Applied Geology, 2004
41. Mac, I., (1990), *Phénomènes géomorphologiques des risques dans le zone minier de Baia Borşa* (Maramureş), Studia UBB, Geografie, Cluj-Napoca, Nr. 1:90-97
42. Mac., I., (1997), *Geomorfosfera și geomorfosistemele*, Editura Universitară Clujeană, Cluj-Napoca
43. Macrea, M., (1969), *Viața în Dacia Romană*, Editura Științifică, București
44. Maghiar, N., Olteanu, Șt, (1970), *Din istoria mineritului în România*, Editura Științifică, București
45. Mainali, G., (2006), *Monitoring of tailings dams with geophysical methods*, Lulea tekniska universitet, Licentiate thesis/Lulea University of Technology
46. Manea, Ștefania-Anemaria, Surdeanu, V., Rus, I. (2011), *Anthropogenic Changes on Landforms in the Upper and Middle Sectors of Strei basin*, Revue Roumaine de Géographie, 55(1), pag.37-44, București.
47. Maners, I.R., Mikesell, M.W., (1974), *Perspectives on environment*, Association of American Geographers, Washington, 400 p
48. Marsh, G.P., (1864), *Man and Nature: Or, Physical Geography Modified by Human Action*, New York: Scribners
49. Mate, Marta, (2010), *Procese geomorfologice de natură antropică în regiunile miniere din zona Deva-Hunedoara*, Rev. GEIS, vol. XIV, Editura Casa Corpului Didactic, Deva
50. Mate, Marta, Surdeanu, V., (2013), *Reconversia ecologică a tehnobioclimatului din zona metropolitană Deva-Hunedoara, Studiu de caz: Mina Deva*, Conferința Națională a SGR, Geografia-știință a întregului teritorial, Editura Eurobit, Timișoara, pp 53
51. Mate, Marta, Surdeanu, V., Oncu, M., Duma, S., (2014), *Risques anthropiques sur les terrils et les étangs de stérile dans la région métropolitaine de Deva-Hunedoara*, 17th Joint Geomorphological Meeting, Liege
52. Moțoc, M., Stănescu, P., Taloiescu, L., (1979), *Modele de estimare a eroziunii totale și efluențe pe bazine hidrografice mici*, Buletin ICPA, București
53. Munteanu, L., Rus, R., Surdeanu, V., (1998), *Relieful antropic din regiunea minieră Abrud-Roșia Montană*, Studia UBB, Geographia, Nr. 2, Cluj-Napoca
54. Mutihac, V., (1990), *Structura geologică a teritoriului României*, Editura Tehnică, București
55. Mutihac, V., Stratulat, M.I., Fechet, R.M., (2007), *Geologia României*, Editura Didactică și Pedagogică, București
56. Oncu. M., Băicoană, V., (1995), *Solurile din Bazinul mijlociu al Cernei, GEIS, Referate și comunicări de geografie*, Editura Casei Corpului Didactic, Deva
57. Oncu, M., (2000), *Culoarul Mureșului: sectorul Deva-Zam - studiu geoecologic*, Editura Focul Viu, Cluj-Napoca
58. Onica, I., (2001), *Impactul exploatării zăcămintelor de substanțe minerale utile asupra mediului*, Editura Universitas, Petroșani, 238 p
59. Onica, I., Cozma, E., Goldan, T., (2006), *Degradarea terenului de la suprafață sub influența exploatării subterane*, Buletinul AGIR, 11 (3): 14-27
60. Ortelecan, M., (1997), *Studiul deplasării suprafeței sub influența exploatării subterane a zăcămintelor din Valea Jiului, zona estică*, Teză de doctorat, Facultatea de Mine, Petroșani
61. Panizza, M., (1996), *Environmental geomorphology*, Elsevier, Amsterdam, 268 p
62. Panizza, M., (2009), *The Geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): a key to Geoheritage assessment*, Geoheritage, 1: 33-42
63. Panthulu, T.V., Krishnaiah, C., Shirke, J.M., (2001), *Detection of seepage paths in earth dams using self-potential and electrical resistivity methods*, Engineering geology, Volum 59,

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S001379520000082X>

64. Peck, P., Sinding, K. (2009), *Financial assurance and mine closure: Stakeholder expectations and effects on operating decisions*, Resources Policy, 34, pp 227-233
65. Petrea, D., (1998), *Pragurile de substanță, energie și informație în sistemele geomorfologice*, Editura Universității din Oradea, 223 p
66. Petrea, D., (2005), *Potențial natural, resurse și reconversie teritorială în aria de impact a activităților miniere din Munții Igniș, Gutâi și Văratec*, Revista de Politica Științei și Scientometriei, Nr. special, Raport Grant Nr. 133, 68 p
67. Pietraru, Janeta, (1982), *Halde pentru depozitarea șlamurilor, cenușilor, zgurilor, sterilelor și deșeurilor menajere*, Editura Tehnică, București
68. Pipkin, J.S., (2001), *Wayfinding Behavior: Cognitive Mapping and other Spatial Processes*, State University of New York Press, Albany
69. Poboran, V., Gonteanu, Z., Matei, I., (1964), *Dimensionarea treptelor de haldă inferioară la I.M. Rovinari*, Revista Minelor, Nr. 2, pp 73-79
70. Popescu, Gh., Saru., D., (1997), *The Apuseni Mountains. The mining activity environmental impact*, Eng. Geol. And. Env. Marines et all (eds.) 1997, Balkena, Rotterdam
71. Popp, N., (1972), *Evoluția peisajului geomorfologic al Munților Poiana Ruscă și relieful său etajat*, Lucrările Simpozionului de Geografie Fizică a Carpaților, București
72. Posea, Gr., (2005), *Geomorfologia României*, Ediția a II-a, Editura Fundației România de Măine, București
73. Posea, Gr., (2012), *Relieful, resursa de bază a turismului. Geomorfodiversitate și geomorfosituri*, Editura Fundației România de Măine, București, 660 p
74. Rădoane, N., Rădoane Maria, Ichim, I., Miclăuș Crina, (1995), *Influențele mineritului asupra tranziției de aluviuni de pe râul Jiu*, Studii și cercetări de Geografie, nr. XLII, București
75. Rădoane, M., Rădoane. N., (2004), *Geomorfologia aplicată în analiza hazardelor naturale, Riscuri și catastrofe*, coordonator V. Sorocovschi, pp 57-68
76. Rosenbery, J.I., Klimstra, W.D., (1965), *Recreational activities on Illinois strip-mined areas*, Journal of Soil and Water Conservation, 19:107-110
77. Rusu, C. V., Bulgariu, D., (2012), *The pedogenesis and pedogeochemical evolution of andosols from Eastern Carpathians (Romania)*, a XX-a Conferință Națională de Știința Solului cu participare internațională, Craiova, 26 august-1 septembrie 2012
78. Schneiderbauer, S., Ehrlich, D., (2004), *Risk, Hazard and People's Vulnerability to Natural Hazards*, a Review of Definitions Concepts and Data, Brussels
79. Schreiber, Șt., (1968), *Rarități în flora dealurilor Devei*, Sargeția, Acta Musei Devensis, vol. V, Deva
80. Sengupta, M., (1993), *Environmental Impacts of Mining: Monitoring, Restoration and Control*, Lewis Publishers, Boca Raton
81. SESCO, R., (1951), *Câteva probleme de exploatare la zi a zăcămintelor de adâncime mai mare*, Revista Minelor, Nr. 9: 20-25
82. Sherwood, P.T., (1976), *The utilization of mine and quarry wastes in road construction*, In: Essex, J.-Higgins, P. (eds): The land reclamation conference, Thurrock Borough Council, Essex
83. Sjö Dahl P., Dahlin T. and Johansson S., (2004) *Resistivity monitoring for internal erosion detection at Hällby embankment dam*, Procs. ICEEG 2004, Wuhan
84. Spalding, A., Hartgroves, S., Macadam, J., Owens, D., (1999), *Abandoned pits and quarries in Cornwall*, Published by English Nature, University of Exeter
85. Sorocovschi, V., (2009), *Probleme de mediu și turism*, Editura Dimitrie Cantemir, Târgu Mureș

86. Strahler, A.N., (1973), *Introduction of physical geography*, John Wiley Publisher, New York
87. Surd, V., Bols, I., Zotic, V., Chira, C., (2005), *Amenajarea teritoriului și infrastructurii tehnice*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca
88. Surdeanu, V., (1985), *Considerații asupra inventarierii alunecărilor de teren în vederea întocmirii hărților de risc*, Lucrările seminarului de geografie „Dimitrie Cantemir”, Iași
89. Surdeanu, V., (1998), *Geografia terenurilor degradate. Alunecări de teren*, Editura Presa Universitară Clujeană, Cluj-Napoca
90. Surdeanu, V., Mureșan, Al., (2004), *Risc assessment in the Baia Borșa mining region*, Editura Universității din Oradea
91. Șerban, Mihaela, Bălțeanu, D., (2005), *Modificările globale ale mediului*, Editura Coresi, București
92. Șipoș, L.D., Bold, Melania, (2012), *Stabilirea tehnologiei de valorificare a sterilului din iazul de decantare a uzinei de preparare de la Teliuc*, Simpozionul Național Studentesc „Geoecologia”, Petroșani
93. Tricart, J., (1992), Kiewit de Jonge, C., (1992), *Ecogeography and rural management*, Longman Scientific and Technical, Essex, U.K.
94. Verraes, G., (2003), *L'environnement des mines et carrières. Les principaux problèmes et les moyennes de les améliorer*, Environment and Progres, Cluj-Napoca, pp 543-547
95. Vespremeanu, E., (1972), *Dealurile Lipovei și Defileul Mureșului*, Editura Universității din București
96. Vespremeanu, E., (1998), *Pedimente, piemonturi și glacisuri în Depresiunea Mureșului de Jos*, Editura Universității din București
97. Vulcu, B., (1971), *Regiuni fitogeografice în împrejurimile Devei*, Sargeția, Acta Musei Devensis, vol. VIII
98. Wisner, B., Blaikie, P., Cannon, T., Davis, I., (2004), *At risk: Natural hazards, people's vulnerability and disasters* (2nd ed), Routledge Publisher, London and New York
99. Zapletal, L. (1960), *Geografická Charakteristika mesta*, Ed. Havirov, Praga
100. *** (1961), *Hărți topografice 1: 25 000*
101. *** (1968), *Harta geologică a României, scara 1 : 200 000, foile 25 Deva L-34-XXIII, 26 Orăștie L-34-XXIV și 17 Brad L-34-XVII*, Comitetul de Stat al Geologiei, Institutul Geologic, București.
102. *** (1980), *Hărți topografice 1: 50000*
103. *** (1982), *Enciclopedia Geografică a României*, Editura Științifică și Enciclopedică, București
104. *** (1988), *Harta solurilor, 1 : 200 000, foile Deva și Hunedoara*, Institutul Național de Geodezie, Fotogrammetrie, Cartografie și Organizarea Teritoriului, București
105. *** (1999), *Studiu de strategie pentru protecția mediului la Regia Autonomă a Cuprului Deva*, Institutul de Cercetare, Dezvoltare și Proiectare Minieră, ICDPM-ICIM București
106. *** *Angajamentele asumate de Romania in Capitolul 22 Mediu privind iazurile de decantare din industria minieră*
107. *** (2000), *Agenția Județeană de Protecție a Mediului Hunedoara, Raport la bilanțurile de mediu de nivel I și II la încetarea activității minei Ghelari, jud. Hunedoara*
108. *** (2002) *Ghidul procedurilor de management al mediului în sectorul minier*, Harworth Mining Consultancy Limited în asociere cu URS Corporation și Agraro Consult SRL
109. *** (2004), *Agenția Județeană de Protecție a Mediului Hunedoara, Bilanț de mediu de nivel I și II la încetarea activității minei Teliuc, județul Hunedoara*
110. *** (2005), *Manualul de proceduri pentru conservarea și închiderea minelor* elaborat de D.G.R.M.-G.C.P.I.M.

111. ***(2005), Agenția Județeană de Protecție a Mediului Hunedoara, *Bilanț de mediu de nivel I, Plan de încetare a activității la mina Deva-Bolcana, județul Hunedoara*
112. ***(2008), Studiul de fundamentare privind riscurile pentru Planul de Amenajare a Teritoriului Județului Hunedoara, beneficiar Consiliul Județean Hunedoara, Proiectant general Quantum Leaps S.A.
113. *** (2009), *Metode și tehnologi de tratare a deșeurilor – Tehnici de tratare mecanică*, INCDPM – ICIM București
114. *** (2009), *Reabilitarea haldelor de roci sterile și a iazurilor de decantare – anexa 9*, EIA Industrial Waste, Bruxelles
115. ***(2011), Studiu privind valorificarea deșeurilor din industria siderurgică, minieră și energetică cu aplicații în siderurgie, Contract Cercetare – ITSM Hunedoara
116. ***(2012), *Raport privind starea mediului în județul Hunedoara în anul 2012*, Agenția Județeană pentru Protecția Mediului Hunedoara
117. ***(2012), Raport de prezentare S.C. CONVERSMIN S.A. București
118. *** *Ortofotoplanuri*, ediție 2005 și 2012
119. *** Harta Iosefină, fila Deva, accesat la data de 12.08.2010, http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/ea/Josephinische_Landaufnahme_pg183.jpg
120. ***www.adevarul.ro
121. ***www.replicahd.ro
122. ***<http://www.panoramio.com>, accesat la data de 02.03.2014
123. ***<http://hero.geog.psu.edu/products/protocol.pdf> accesat la data de 23.07.2014
124. ***<http://bitakora.com.ar> accesat la data de 24.11.2013
125. ***<https://maps.google.ro/> accesat în perioada 01.10.2009-31.08.2014
126. ***<http://openbuildings.com/buildings/shimao-wonderland-intercontinental-profile-4182>