Terrils de schistes houillers
Valorisation & aménagements

Ir Gérald GOSSELIN
INCITEC sprl

Journée d'études du 09 novembre 2016

Origine des terrils

- Sur les carreaux des mines de houille (« Au jour »), les lavoirs du ‘brut’ (‘run of mine’) assurent une séparation plus ou moins parfaite entre charbon et ‘stériles’. → **terril.**

- En moyenne, un diviseur de deux peut être appliqué entre le tonnage de « charbon brut » extrait et le tonnage de « charbon commercialisable » : **environ 2 tonnes remontées pour 1 tonne vendue**.

- Au terril étaient également versés : matériaux provenant de l’exécution des diverses galeries de communication permettant une gestion sécurisée du « fond ».

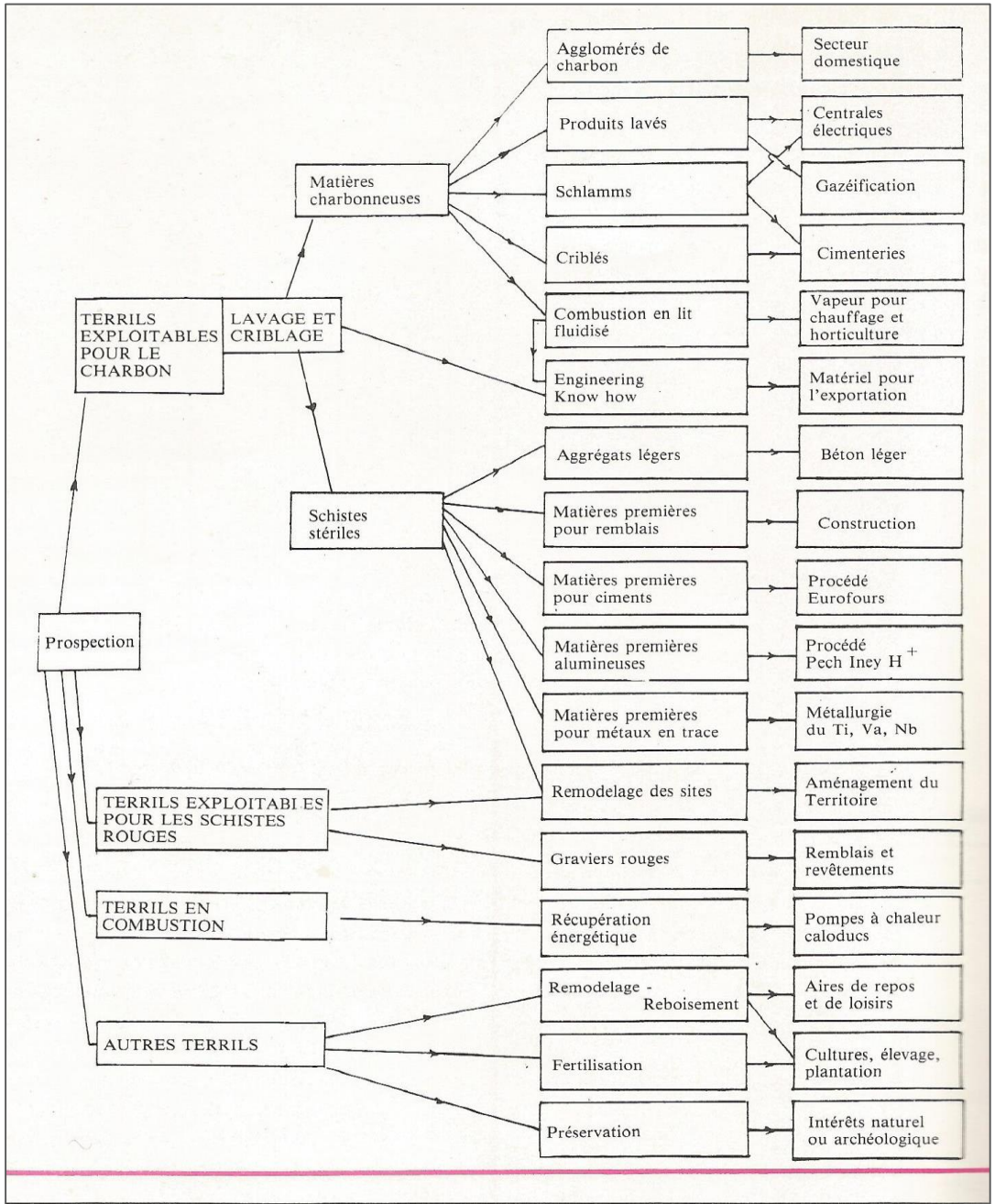
- Les moyens modernes de séparation des dernières années d’activité → taux faible de charbon résiduel dans les stériles.

- Les terrils houillers sont de forme ‘conique’ quand les matériaux étaient déversés depuis un point au moyen d’un skip, de forme ‘plate’ lorsqu’ils étaient alimentés par wagonnets ou camions.

En Région wallonne…

- 350 terrils …. 350.000.000 m³, dont 75 % non brûlés
- Législations spécifiques :
  - Décret du 09 mai 1985
  - Arrêté du 29 juillet 1993 relatif à la valorisation des terrils
  - Arrêté du 16 mars 1995 qui classe 157 terrils en « exploitables : B» (Classification : A, B, C)

Potentialités de valorisation des schistes houillers



Combustion des schistes de terrils

- La combustion des terrils liée à :
  - présence du charbon résiduel
  - possibilité d'alimentation en oxygène,
  - teneur en matières volatiles.
  - Taux d'humidité

  Note : c'est souvent sous les vents dominants d'Ouest que s'installe le début de montée en température.

- Les terrils les plus récents ne brûleront plus en raison d'un taux de charbon insuffisant et d'une majorité d'éléments fins conduisant à une diminution de la porosité interne ne permettant plus une oxygénation suffisante.

- La combustion est un phénomène difficilement prévisible. De nombreux terrils, riches en charbon n'ont pas brûlé. Il a été possible, dès lors, de les « laver » pour récupérer le combustible résiduel qui, après enrichissement, a été orienté vers les centrales thermoélectriques.

- Bilan thermique permet d 'évaluer la potentialité théorique de la combustion

Combustion des schistes de terrils

La coloration caractéristique des schistes après combustion (*1)* est un bon indicateur sur les niveaux de températures qui ont pu être atteintes au sein du terril et de la qualité finale du matériau.

(1) Transformation des oxydes de fer

L'échelle qualitative suivante peut être retenue :

- Schistes noirs : Pas de combustion

- Schistes orangés : Combustion partielle ou faible

- Schistes rouges : Combustion normale, complète

- Schistes violets : Combustion importante, élévation du niveau de température, parfois de l'ordre de plus de 1.000°C, ayant conduit à une modification minéralogique des divers constituants du matériau et à une véritable cuisson des argiles.

Composition chimique ‘majeure’

Selon les zones du bassin houiller, la composition chimique des schistes peut varier. elle s’inscrit dans les plages suivantes :

Composant	Contenu
Silicates d’alumine Silice SiO_2 Alumine Al_2O_3	 45 à 55 % 25 à 30 %
Oxyde de fer Fe_2O_3	5 à 8 %
Alcalins Na_2O + K_2O	3 à 6 %
CaO	0,5 à 1,5 %
MgO	1.5 %
Soufre	0,03 à 1%
Perte au feu sur schistes noirs*	7 à 20% sur le 0/D 15 à 30% sur la fraction 0/20

Composition en charbon

- Pour une plus juste appréciation du **charbon résiduel**, il serait nécessaire de procéder en deux étapes :

1. Détermination des matières organiques , eau de constitution, (Température d'incinération de 480°C)
2. Teneur en cendres

La différence entre ces deux mesures serait plus proche du taux de charbon résiduel.

- Attention : difficulté de réaliser un prélèvement dit représentatif et qui soit en adéquation avec la masse de matériaux soumis à essai (quelques grammes de passants à 200µm).

Analyses chimiques

	Unité	Schistes noirs non lavés	Schistes noirs lavés	Terres non contaminées	Terres décontaminées
Humidité	%	5,1	5,0		
Cendres	% sec	65,34	83,79		
Huiles min.	ppm sec	< 0,10	< 0,10	500	750
HAP (6Borneff)	ppm brut	< 0,10	< 0,10		
Fluoranthène	ppm brut	0,12	< 0,10	1,2	65
Cu	ppm sec	15	26	50	210
Cr	ppm sec	103	120	65	230
Co	ppm sec	17	17	20	100
Cd	ppm sec	1	2	1	8
As	ppm sec	< 5	< 5	22	100
Pb	ppm sec	28	24	70	1.150
Zn	ppm sec	63	82	150	680
Ni	ppm sec	52	58	40	150
Hg	ppm sec	0,15	0,12	1,6	15
V	ppm sec	84	95		
Mn	ppm sec	158	312		

Analyses chimiques

	Unité	Schistes noirs non lavés	Schistes noirs lavés	VS Type I Sol naturel	VS Type III Sol résidentiel	VS Type V Sol industriel
Humidité	%	5,1	5,0			
Cendres	% sec	65,34	83,79			
Huiles min.	ppm sec	< 0,10	< 0,10			
HAP (6Borneff)	ppm brut	< 0,10	< 0,10			
Fluoranthène	ppm brut	0,12	< 0,10	8	23	47
Cu	ppm sec	15	26	40	110	120
Cr	ppm sec	103	120	60	125	165
Co	ppm sec	17	17			
Cd	ppm sec	1	2	1	3	15
As	ppm sec	< 5	< 5	30	40	50
Pb	ppm sec	28	24	120	200	385
Zn	ppm sec	63	82	120	230	320
Ni	ppm sec	52	58	60	150	210
Hg	ppm sec	0,15	0,12	1	1	5
V	ppm sec	84	95			
Mn	ppm sec	158	312			

Matériaux de terrils

Matériaux

Schistes noirs	Schistes 'rouges'
Schistes noirs « tout venant »	Schistes rouges « tout venant »
« Formoschistes »	Schistes rouges concassés 0/3, 0/6, 6/20 mm
0/20 de Schistes noirs	Mélanges de schistes
Schistes noirs criblés	

Les principaux composants pétrographiques se situent dans les plages suivantes :

→ Grès : 10 à 30 %,

→ Vrais schistes : 50 à 80 %,

→ Scories diverses : 0 à 2%

Valorisation des schistes rouges

- TOUT VENANT : Ils présentent bien souvent, un taux d'éléments fins inférieurs à 80 µm modéré
  - associés à un caractère argileux peu marqué, en raison même de la combustion du matériau,
  - considérés comme insensibles vis à vis de l'eau.

- CONCASSES et/ou CRIBLES : Les 'meilleurs' des schistes rouges sont concassés et criblés sur terril aux fins de produire :

  - les fractions granulaires nécessaires à la fabrication des mélanges utilisables en mélanges routiers 0/20 mm pouvant être traités aux liants hydrauliques (cendres volantes et/ou laitier de HF granulé, ciment, chaux…)

  - les sables et gravillons pour :
    - les terrains de sports stabilisés
    - les aménagements paysagers

  pour lesquels la teinte rouge du matériau est un critère prédominant de choix.

  - Les matériaux les plus couramment fabriqués sont des sables 0/3, et 0/6 et des gravillons 6/20 mm.

Quelques caractéristiques géomécaniques des schistes rouges

Schistes brûlés calibrés 10/14 mm	Los Angeles	Micro Deval en présence d'eau
Schistes rouges	Moyenne : 29 à 31	Moyenne : 43 à 44
Schistes vitrifiés (viloacés)	Moyenne : 33	Moyenne : 15 à 24

Caractéristiques géomécaniques	Valeurs
Humidité moyenne	10 %
LA	34
MD	34
Valeur de bleu (0/2mm)	1,6 g/kg
> 63 µ	4,2 %
Equiv. de sable	48
Teneur en sulfates solubles	0,3 %
Perte au feu à 1.050°c	4,1 %
Valeur de bleu sol (VBS) (0/5mm)	0,04 g/ 100 g (0/50mm)

Valorisation des schistes noirs

- Taux d'éléments fins plus élevés que les schistes rouges (sauf s'ils présentent un caractère plus gréseux)
- Caractère argileux plus marqué (apprécié par la Valeur de Bleu de méthylène).

Le « FORMOSCHISTE » résulte de l'élimination par criblage :

- de la fraction basse 0/16 mm dans laquelle est concentrée la majeure partie des éléments argileux qui rendent le matériau 0/D primitif sensible vis à vis de l'eau
- des blocs supérieurs à 160 mm pour respecter le rapport entre la dimension maximale du D et l'épaisseur de couche à construire.

Valorisation des schistes noirs

- **Granulat d/D**
  - d = 16 mm
  - D = 160 mm
  - Refus nul à 1.58 D (250 mm)
  - Refus à D et tamisât àd compris entre 1 et 20%
  - Tamisat à 80 µm < 5%

- **Caractéristiques intrinsèques**
  - Coefficient Los Angeles (LA) sur la fraction 25/50 mm
    LA < 55.
  - Coefficient Deval (Dh) sur la fraction 25/50 mm
    Dh moyen = 1.2 aucune valeur < 1 n'étant acceptable.

Valorisation des schistes noirs

Utilisation des schistes ‘rouges’ en travaux de terrassements

- **Plate-forme de bâtiment**
  - Contrôle du ‘module de Westergaard’
  - Limitation de l’épaisseur des couches

- **Soubassement de remblai en zone inondable**

- **Couches de forme de chaussées** : A titre indicatif :
  - Épaisseur de l’ordre de 60 cm
  - Mise en place sur géotextile
  - Contrôle d’essais à la plaque (> 50 Mpa)

Utilisation des schistes ‘noirs’ tout-venant en travaux de terrassements

- Uniquement pour remblais et fonds de forme
- Nécessite un compactage efficace
- Sensibles à l’eau → pas de remblais sous eau
- Risques de délitement
- Pentes de talus 6/4 suffisantes pour garantir la stabilité
- Risques de ravinement par l’eau pluviométrique → engazonnement ou drains

Utilisation des schistes ‘noirs’ calibrés ou ‘formoschistes’

- Uniquement pour remblais et fonds de forme
- Nécessite un compactage efficace
- Sensibles à l’eau → pas de remblais sous eau
- Risques de délitement
- Pentes de talus 6/4 suffisantes pour garantir la stabilité
- Risques de ravinement par l’eau pluviométrique → engazonnement ou drains

Mélanges ou « recompositions »

La formulation tourne autour de graves 0/20 mm, recomposées le plus souvent à partir de 0/6 et 6/20 mm et traitées soit :

- au laitier granulé de HF,
- aux cendres volantes silicoalumineuses
- ou par une association de ces deux liants.

L'activation est assurée par un apport de chaux vive.

Bien souvent, pour pallier le déficit de qualité intrinsèque des gravillons 6/20 mm, ceux-ci sont remplacés dans les mélanges routiers par des granulats de calcaire dur d'âge primaire provenant notamment des carrières du Tournaisis

Autres utilisations potentielles

SOLS SPORTIFS

- Les schistes rouges sont utilisés, sous forme de sable 0/3 mm, pour la construction des chapes des terrains de grands jeux stabilisés.
- l’homogénéité de teinte étant un des critères les plus importants pour la fonction requise.

Autres utilisations potentielles

LES BETONS

- Les schistes, tant rouges que noirs, n’ont pas été utilisés jusqu'à présent pour la confection des bétons.
- Leurs caractéristiques intrinsèques actuelles et une présence parfois soutenue de sulfates ne peuvent qu’entériner cette situation.

Autres utilisations potentielles

BRIQUETERIES / CIMENTERIES

- Les schistes noirs sont (ou ont été) utilisés pour la fabrication de :
  - briques (pour la totalité de la matière première)
  - certains ciments (pour partie de la matière première)

- Les « schlamms » provenant du lavage des schistes de terrils (en concurrence avec certaine déchets et boues de STEP)

- Si la valeur ajoutée apportée aux schistes est ici importante, il faut convenir en contrepartie que les volumes concernés restent modestes et hors de proportions avec ceux pouvant être impliqués par la construction routière.

Contrôle « qualité »

- Teneur en eau
- Granulométrie
- Taux de fines
- Perte au feu
- « Argilosité » : Valeur de bleu
- Courbes compactage/portance ou essais proctor (optimum)
- Caractéristiques intrinsèques : LA – MDE – DH
- Sulfates solubles
- Sensibilité au gel
- Agressivité (pH)

Valorisation « technique » de matériaux de terrils
« ELUTRILITHE » ou « ALSIL »

L'élutrilithe est un silicate d'alumine naturel provenant des terrils de schistes houilles , isolé lors du traitement des schistes de terril.

Fraction (micron µ)	**%**
> 2000	0,97
1000-2000	11,57
500-1000	27,87
200-500	37,20
100-200	1,80
50-100	7,59
<50	6,50
Faction d'argile : 0-2	3,87
Fraction de chaux : 2-50	2,63

Valorisation « technique » de matériaux

Aluminium Oxide (Al2O3)	22,0 %
Silicium Oxide (SiO2)	47,0 %
Ferric Oxide (Fe2O3)	4,8 %
Potassium Oxide (K2O)	4,0 %
Magnesium oxide (MgO)	1,5 %

Valorisation « technique » de matériaux

- **L'agriculture.**

Ce matériau 100 % naturel, agréé en agriculture bio, est un amplificateur d'échanges ioniques, un rétenteur d'eau et d'engrais.

- **L'industrie**

La disponibilité du matériau à l'état naturel, permet de créer un produit adsorbant de qualité pour un cout moins élevé que les adsorbants de synthèse.

Valorisation « technique » de matériaux

Couches mélangées : 50 – 55 % Elles se composent de muscovites, montmorillonites et illites

Chlorites : 15 – 20 % Elles se composent de pyroxènes, amphiboles minéraux de roches magmatiques

Quartz pulvérisé : 10 – 15 % de genre très commun de silicium cristallisé

Kaolinite : 15 – 20 % Elles se composent de silicates d'aluminium hydratés comme matière de base de l'argile pure. Dans la composition des silicates d'aluminium hydratés les particules d'argile <2µ ne sont pas nombreuses et leur grandeur est comme du sable et du sable brut. La proportion d'argile varie entre 3 et 6 % dans la composition de silicates d'aluminium hydratés et la structure minéralogique est ainsi :

- Quartz et principalement tridymite
- Pierre de sable
- Plagioclase
- Orthoclase
- Carbone et de très peu de minéraux résistants à la casse et à la séparation

VALORISATION
& REAMENAGEMENT

Exploitation

17.

Plate-forme le long de la rue de l'Egalité Zone récréative à aménager

Bassin à schlamm à recombler et à aménager en espace paysager

22.

Ancien terril Saint-Charles à aménager en espace paysager

18.

21.

Ancien terril du « Bayemont » à aménager en espace ludique et de détente

19.

Plate-forme des installations du lavoir actuel. Espace polyvalent et sentiers de liaisions à aménager

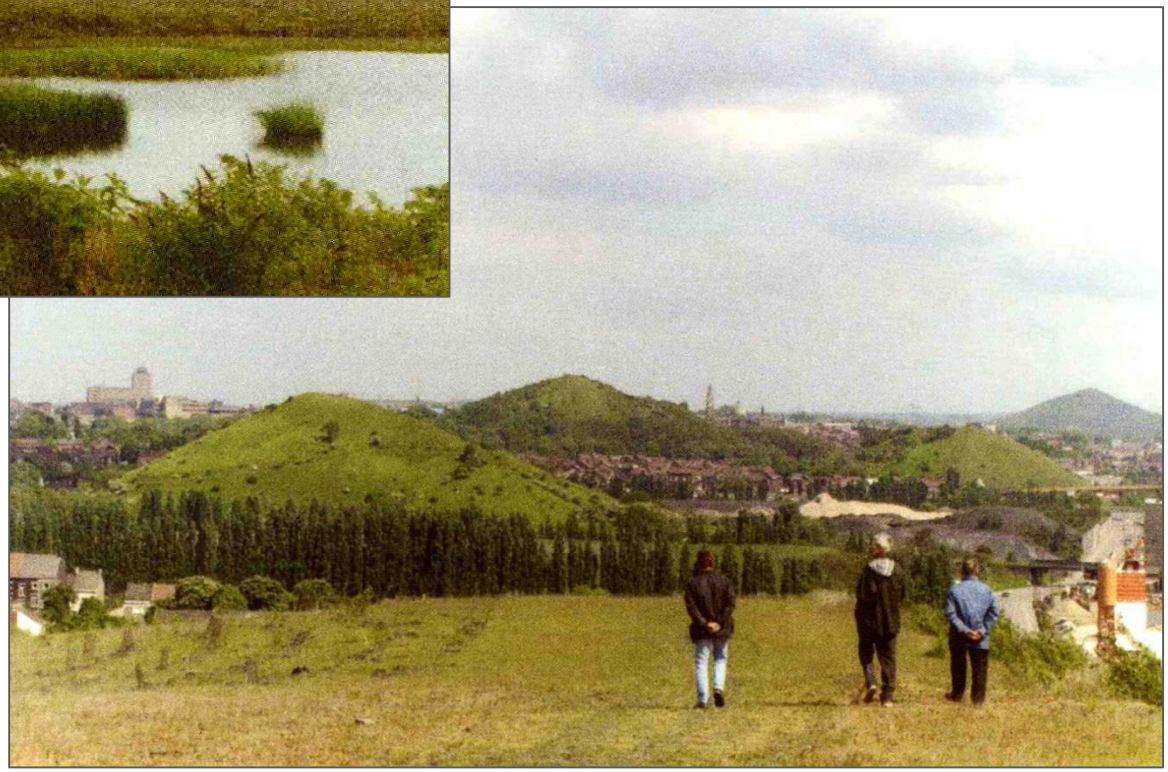
Plateaux et espaces paysagers à aménager

20.

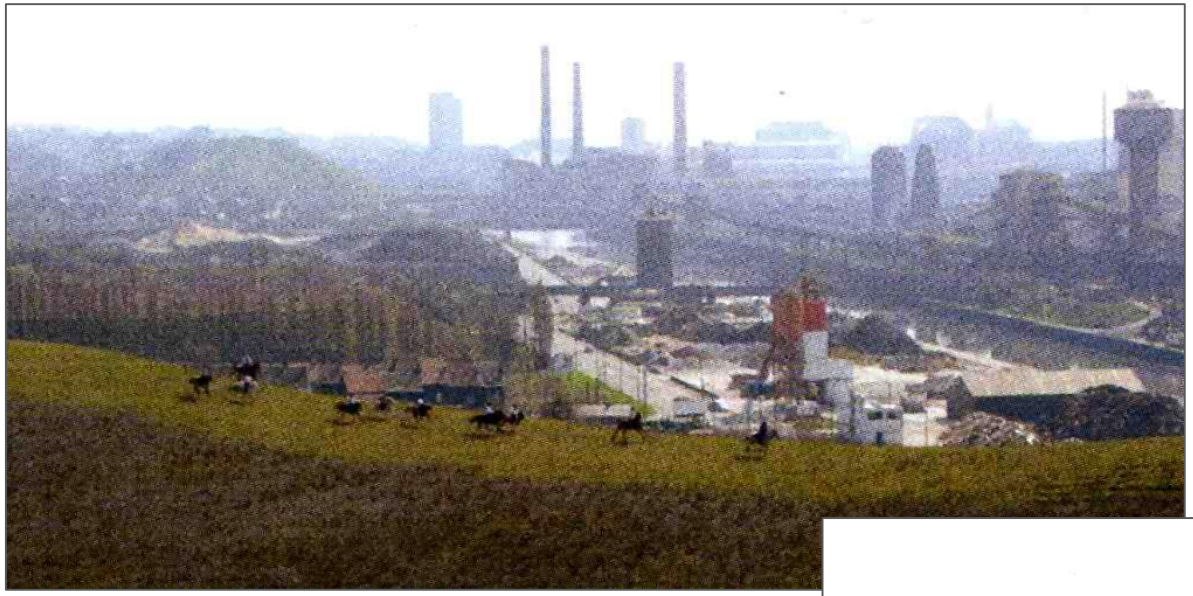
Plateau supérieur à aménager .Vue panoramique sur la région

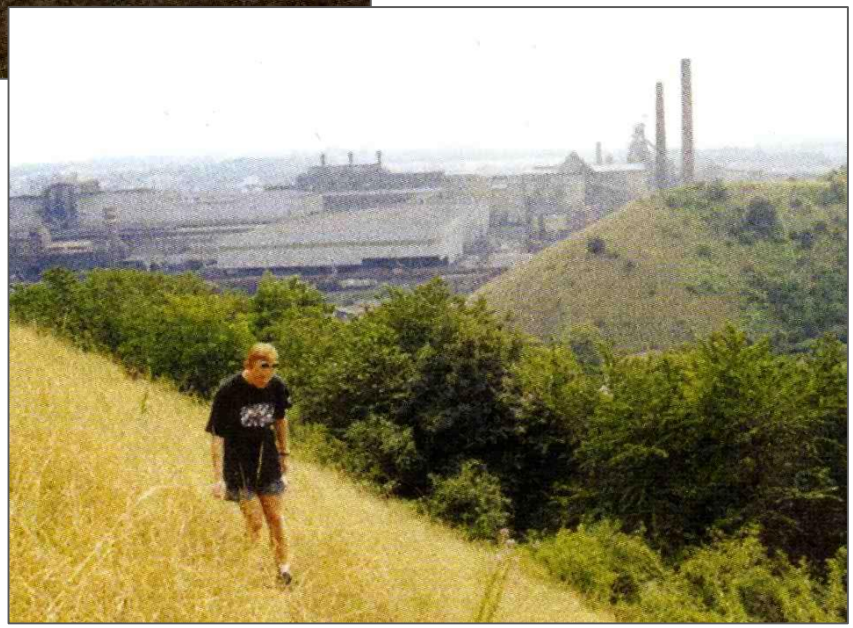
Exploitation

Réaménagement



Réaménagement





PROJET DE VALORISATION DES TERRILS A l'ETRANGER

Récupération du charbon et de matériaux

PROJET DE VALORISATION DE TERRILS EN ROUMANIE

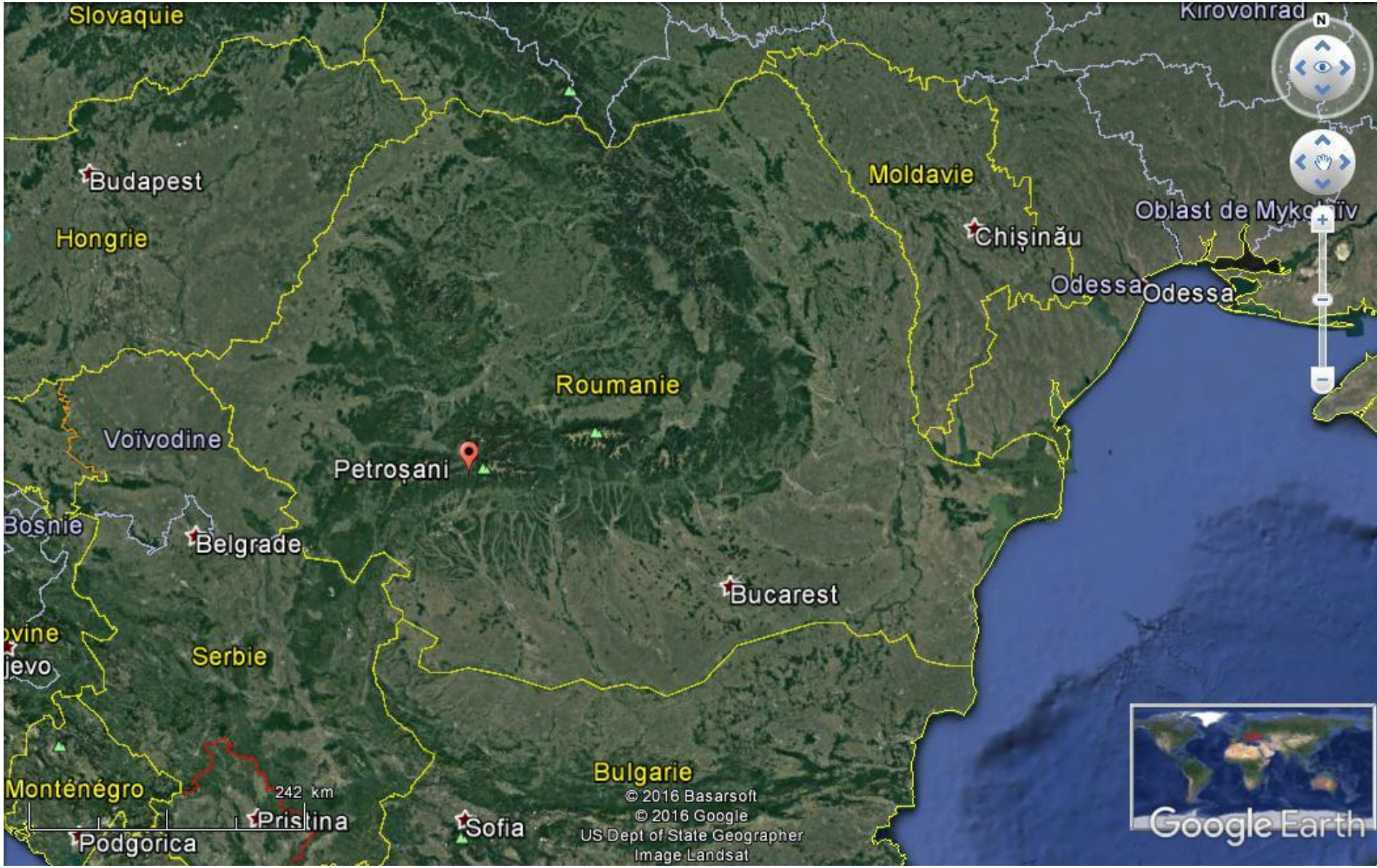
Récupération du charbon et de matériaux

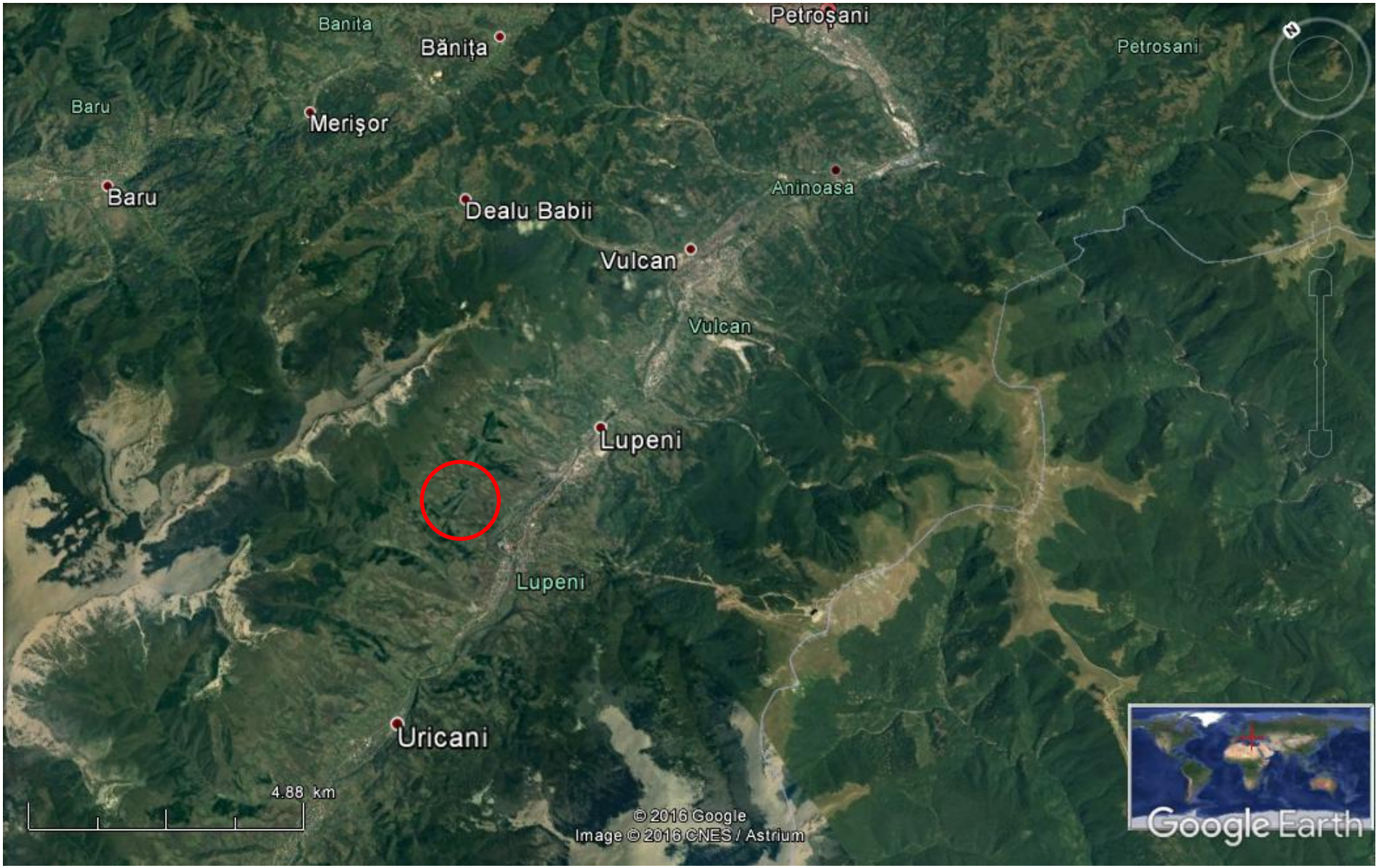
Contexte du projet

- Dans la vallée du Jiu située au pied des Carpates, on trouve des mines de charbon depuis plus de cent ans. Cette vallée s'étend en longueur sur environ 60 km (entre Petrila et Uricani). Aujourd'hui, quatre mines sont encore en activité, mais sont actuellement en sursis pour des raisons économiques mais surtout de maque de performance de l'extraction du charbon.

- Les mines approvisionnent aujourd'hui les centrales thermoélectriques locales (Mintia et Parosani) avec du charbon vapeur dont le pouvoir calorifique ne doit pas être trop élevé compte tenu des contraintes techniques de combustion (température limitée dans le foyer).

- Ces mines ont produit des résidus qui ont été stockés sous forme de terrils sur les versants, de part et d'autre de la vallée du Jiu. Le faible niveau de performance de la préparation des charbons a entraîné la présence de charbon résiduel, parfois importante, au sein de ces terrils.


Slovaquie
Kirovohrad
Budapest
Hongrie
Moldavie
Oblast de Mykolaïv
Chișinău
Odessa
Odessa
Roumanie
Voïvodine
Petroșani
Bosnie
Belgrade
Bucarest
Serbie
Monténégro
242 km
Pristina
Podgorica
Sofia
Bulgarie
© 2016 Basarsoft
© 2016 Google
US Dept of State Geographer
Image Landsat
Google Earth


Banita
Bănița
Petroșani
Petrosani
Baru
Merişor
Baru
Aninoasa
Dealu Babii
Vulcan
Vulcan
Lupeni
Lupeni
Uricani
4.88 km
© 2016 Google
Image © 2016 CNES / Astrium
Google Earth

© 2014 Cnes/Spot Image
Image © 2014 DigitalGlobe
2012
Date des images satellite : 28/6/2012 45°22'01.04"N 23°12'33.35"E élév. 775 m altitude 4.22 km
Google earth

Projet de Mr J.C. Carbonetta

- Entre 2005 et 2008, un important travail de recherche, de prospection, d'échantillonnages et d'analyses, d'identification… a été mené par Mr Carbonetta et son collaborateur présent sur place.
  - Des études technico-économiques de faisabilité ont été menées.
  - Il a également fallu établir les dossiers administratifs et réglementaires devant permettre la mise en oeuvre de projet d'exploitation et de réaménagement de terril.
  - La plupart de ces haldes ont été restituées par la compagnie minière roumaine (CNH) aux municipalités qui en ont la charge.

- Suite à ces démarches, un premier permis d'exploiter, comprenant certificat d'urbanisme et approbation du Ministère de l'environnement (« *Mediu* »), permettant ainsi d'entamer le projet d'exploitation d'un terril sur le territoire de la commune de VULCAN.

Terril de VULCAN

Terril de VULCAN

Montage du projet

- En 2009-2010, tous les travaux de préparation du futur site d'exploitation, d'aménagement des accès, de montage de l'installation, de raccordements divers (électricité, eau, téléphone…) ont été entrepris, ce qui a permis de démarrer une unité d'une capacité théorique de 300 tonnes par heure de schistes de terril à laver.

Lavoir monté par Mr Carbonetta

Mise en route de l'exploitation

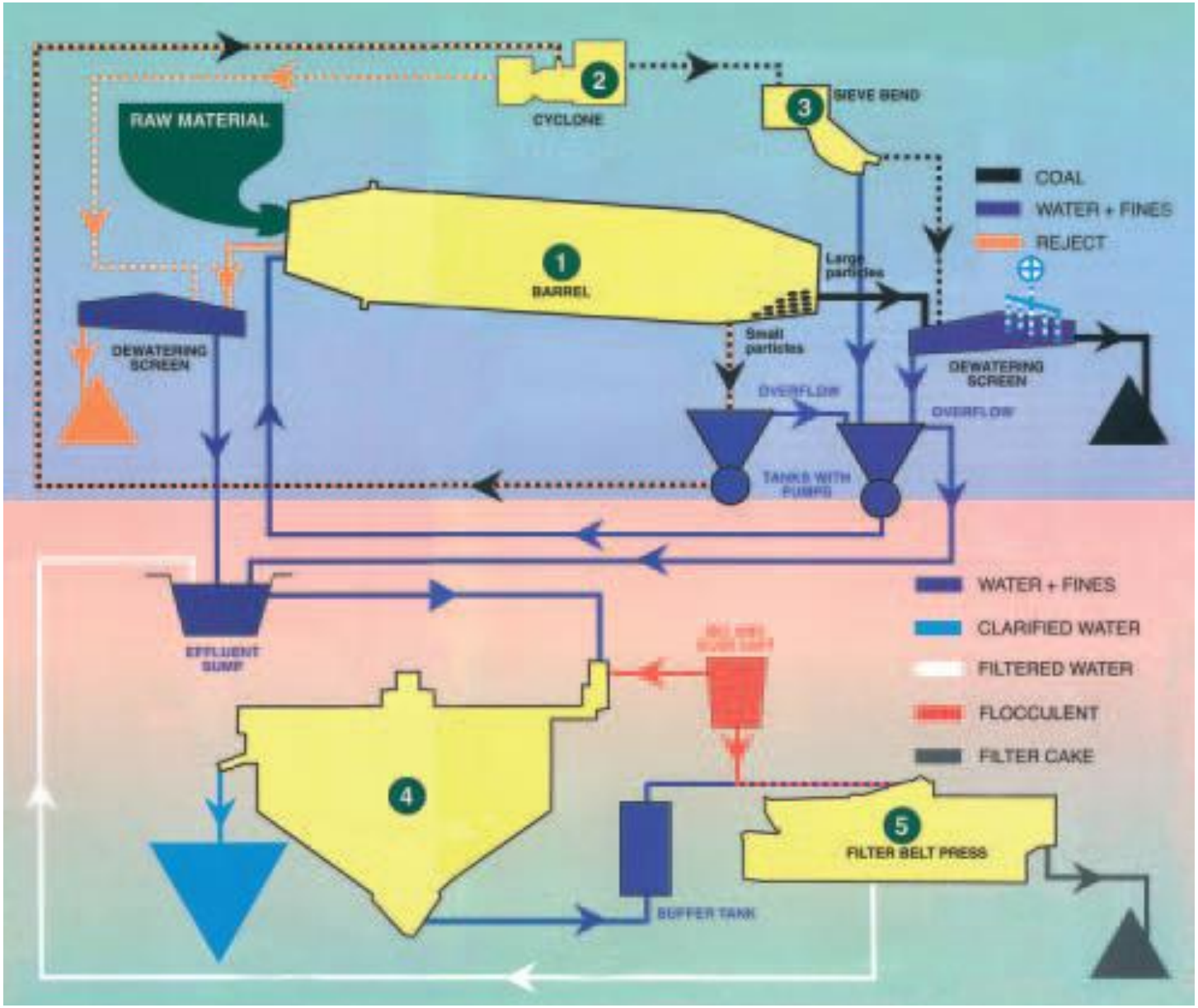
- Début 2011, les premières tonnes sont produites avec une équipe d'ouvriers locaux et une supervision belge.

- La qualité du charbon est élevée, mais nous devons constater que ce terril contient énormément d'argile, contrairement à d'autres haldes uniquement schisteuses. Cette contrainte a nécessité la mise en place d'une unité de clarification et de floculation des eaux de lavage et de réduire la productivité

- L'objectif initial de production était de l'ordre de 50.000 tonnes par an de charbon

Lavoir de schistes de terril

Schéma de lavoir à schistes houillers



Arrêt du projet

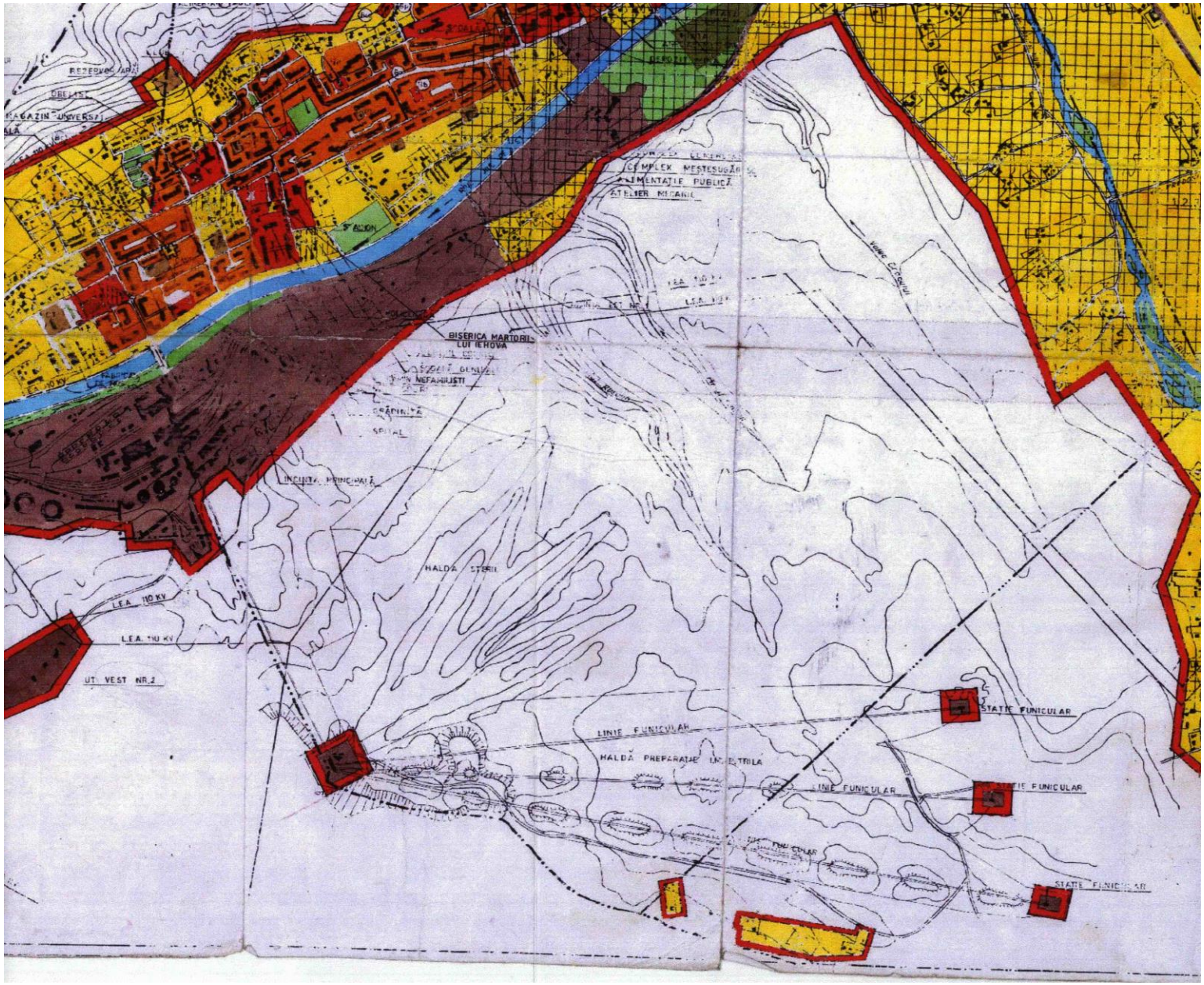
- Malheureusement, en mai 2011, le décès inopiné du principal promoteur du projet a mis un coup d'arrêt, par le fait que la succession de ce promoteur principal, malgré des efforts de continuité, n'a pas souhaité poursuivre l'exploitation du terril (difficultés techniques, commerciales et administratives) et a décidé le démontage complet début 2012.

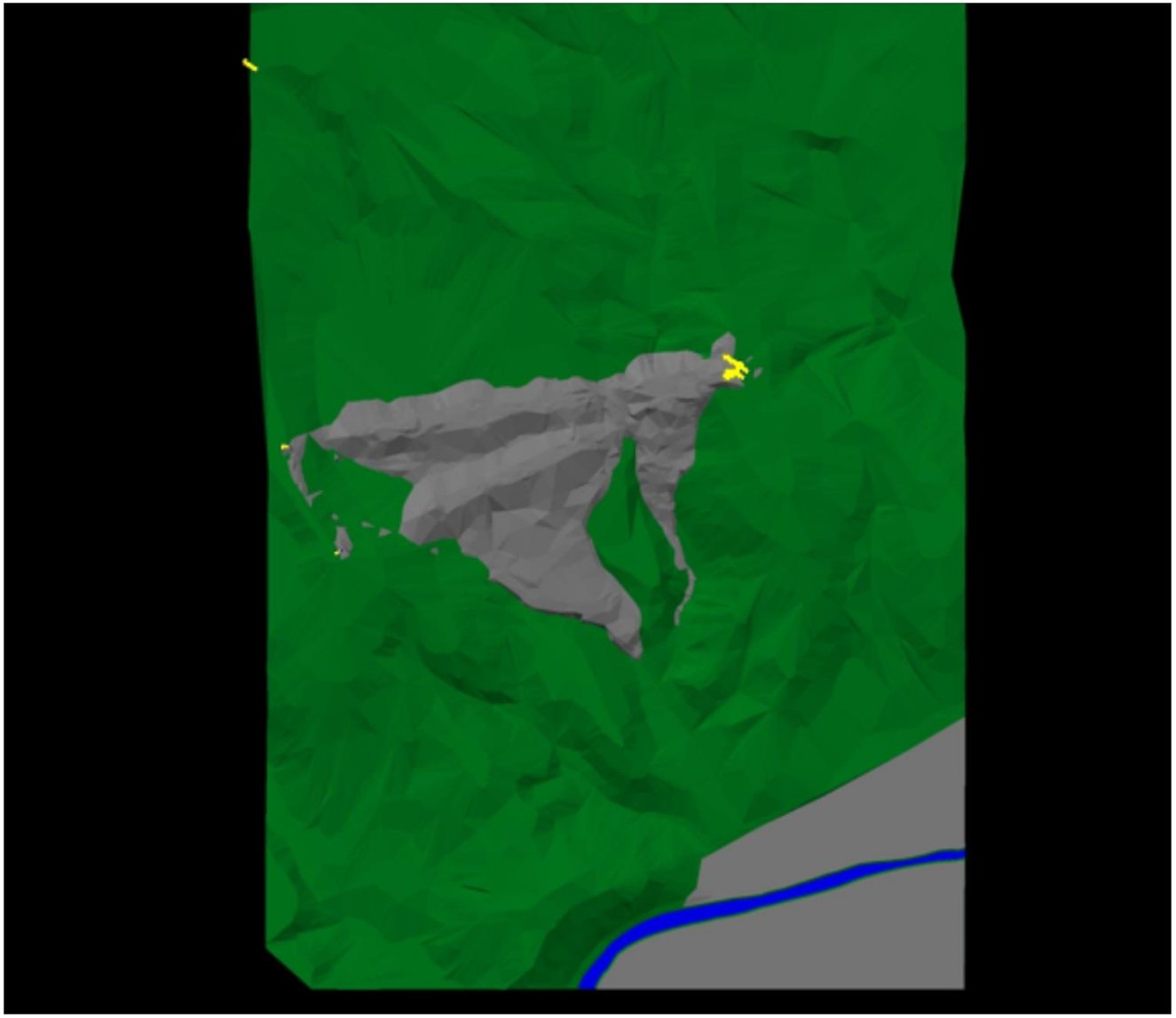
VALORISATION DES HALDES DE LUPENI

Travaux de stabilisation des terrils

Ramura 1 et Ramura 2

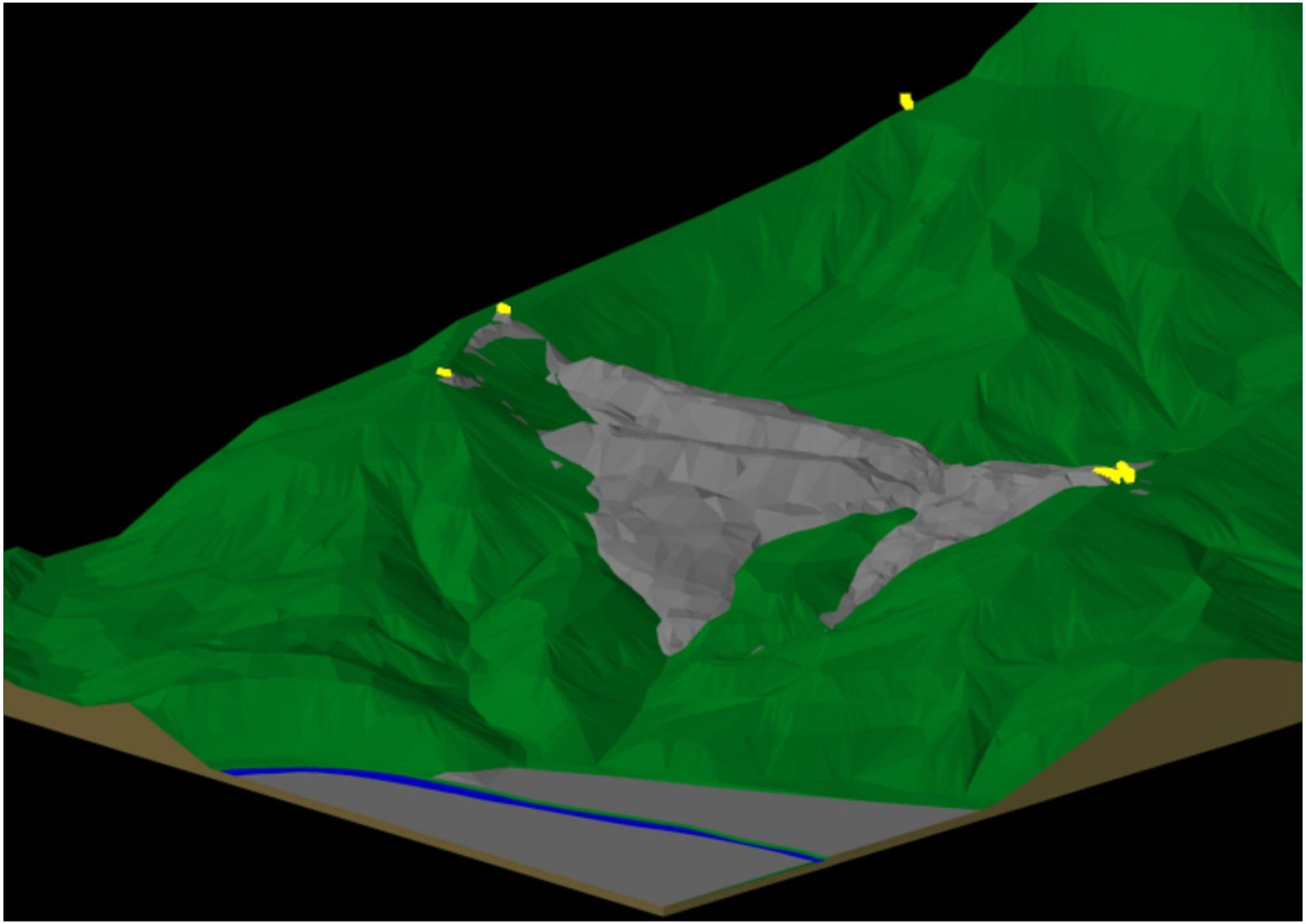
© 2014 Cnes/Spot Image
Image © 2014 DigitalGlobe
Google earth
2012
Date des images satellite : 28/6/2012 45°22'01.04"N 23°12'33.35"E élév. 775 m altitude 4.22 km

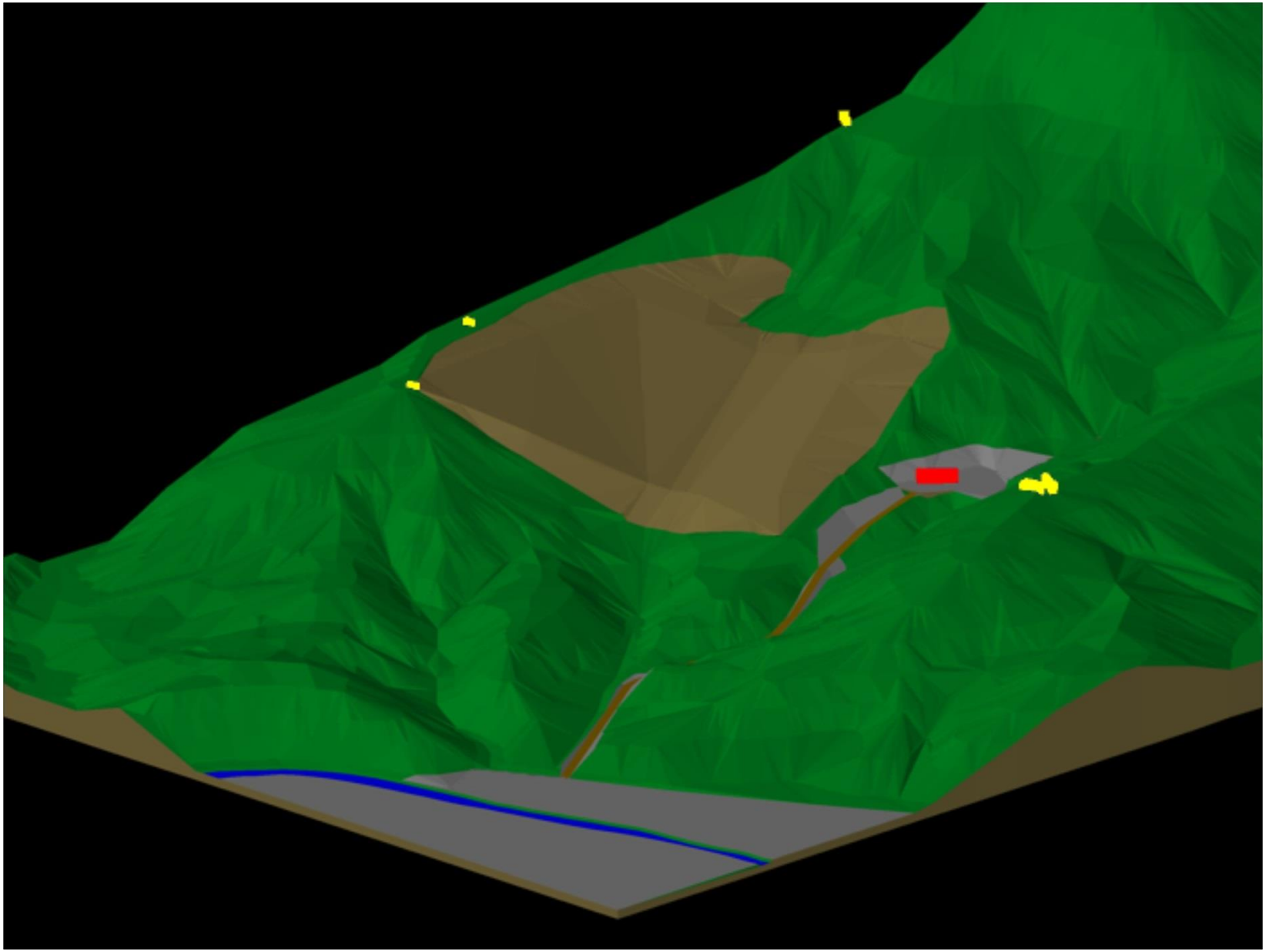

REZERVOR APĂ
OBELISC
MAGAZIN UNIVERSAL
STADION
COMPLEX MESTEȘUGĂRESC
ALIMENTAȚIE PUBLICĂ
ATELIER MECANIC
BISERICA MARTORII LUI IEHOVA
CASA NEFAMILIȘTI
CRĂNICEȘTI
SPITAL
INCINTA PRINCIPALĂ
HALDA STERIL
LEA 110 KV
LEA 110 KV
UT VEST NR.2
STAȚIE FUNICULAR
LINIE FUNICULAR
HALDĂ PREPARAȚIE UNIREA
LINIE FUNICULAR
STAȚIE FUNICULAR
STAȚIE FUNICULAR

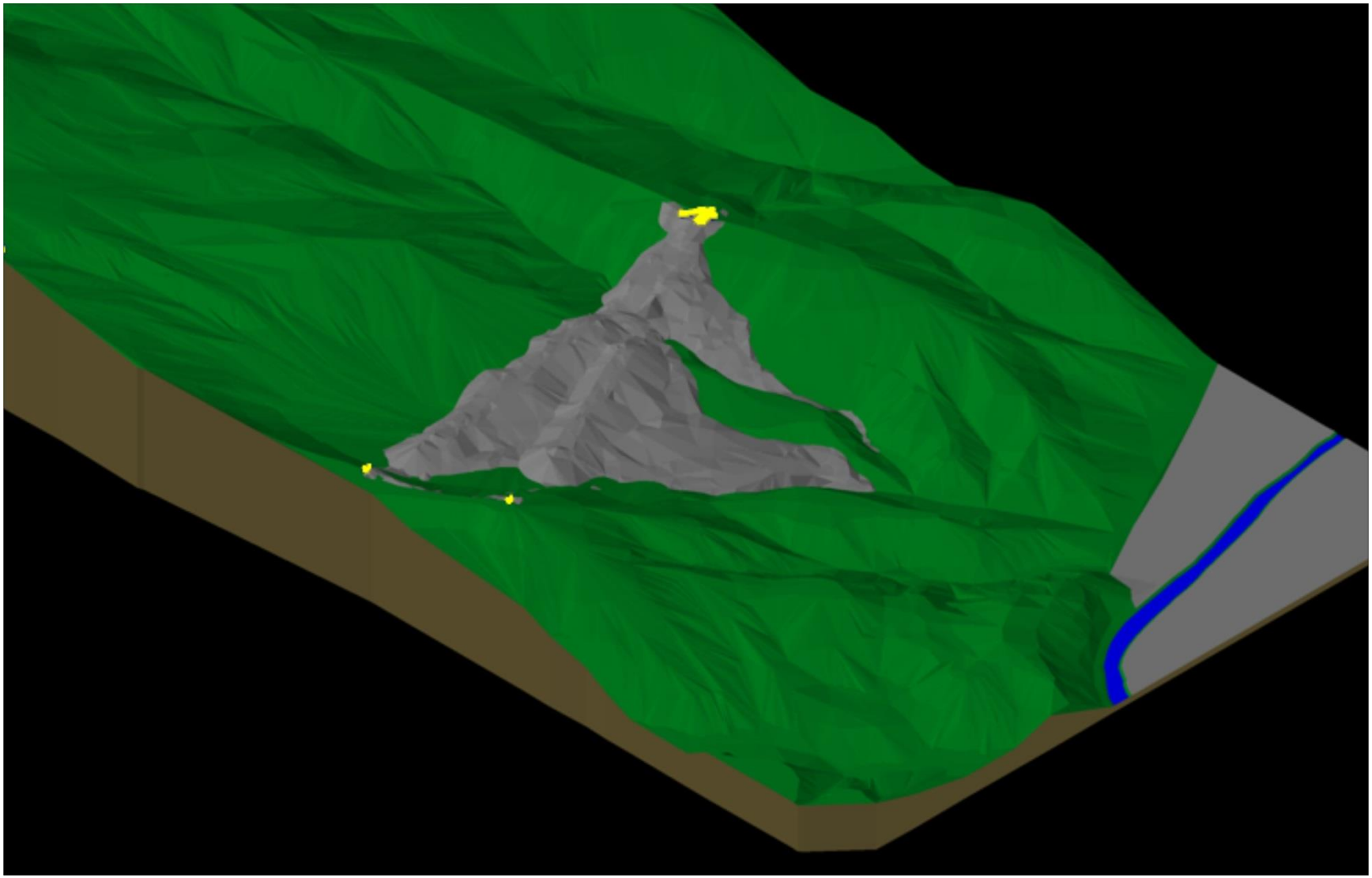


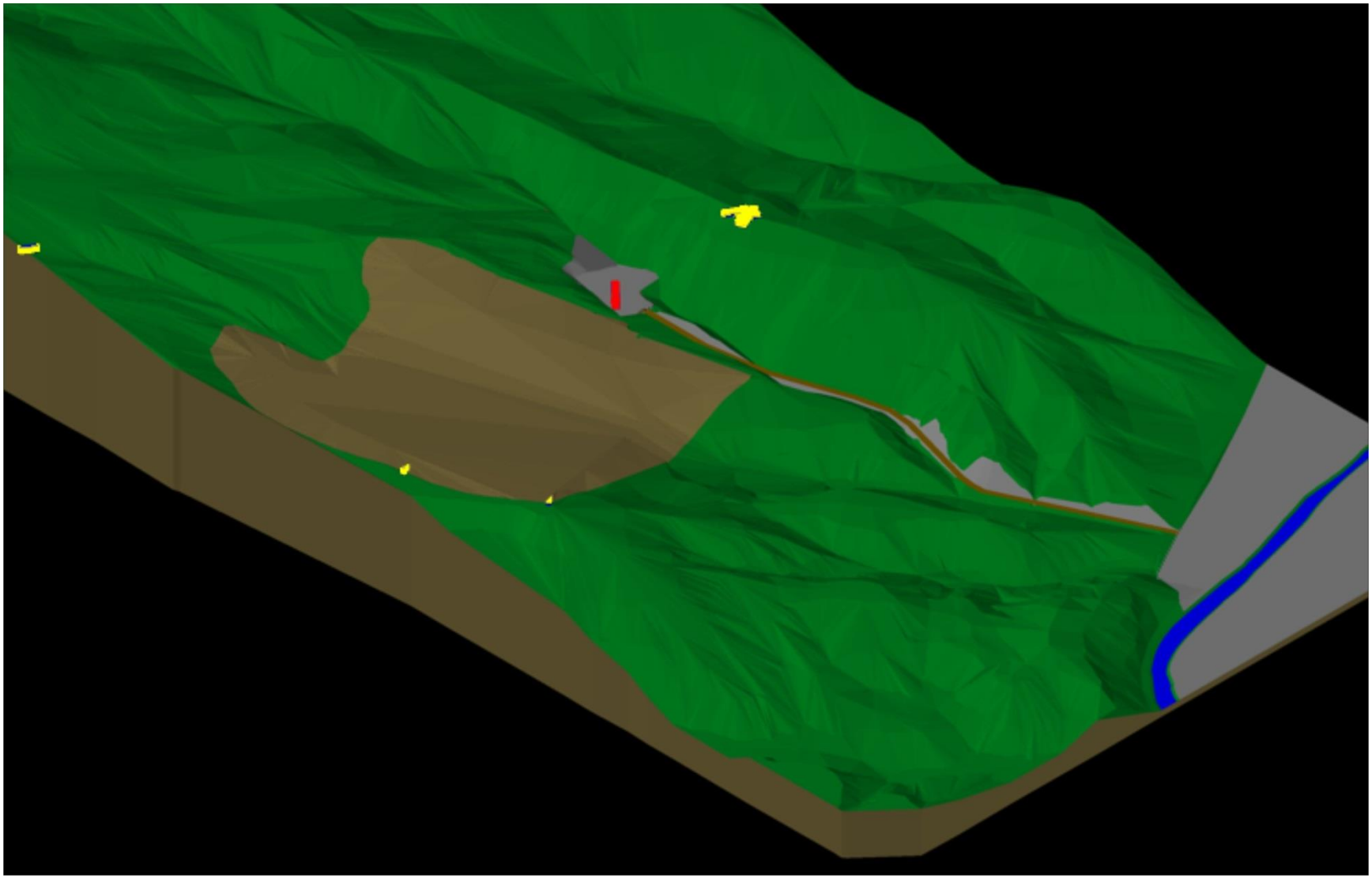
Situation avant exploitation

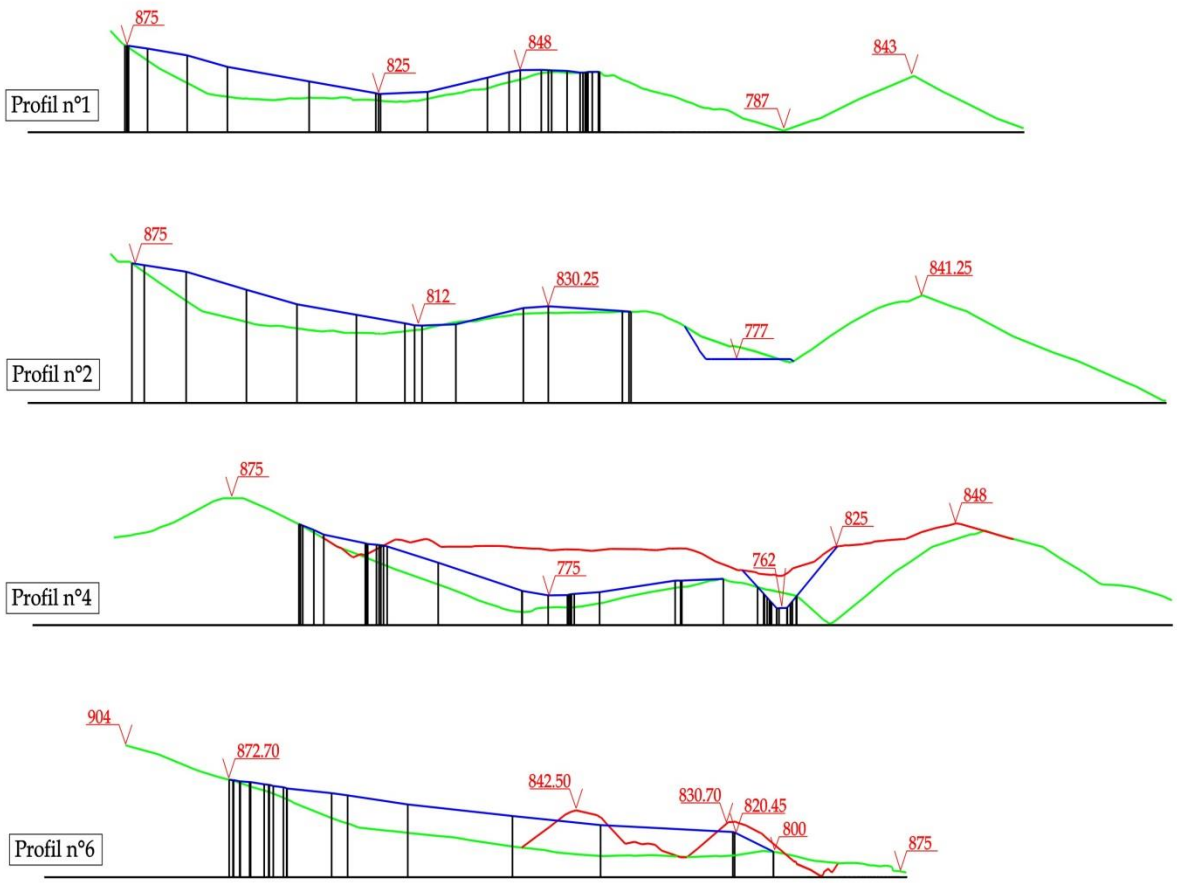
Situation après exploitation



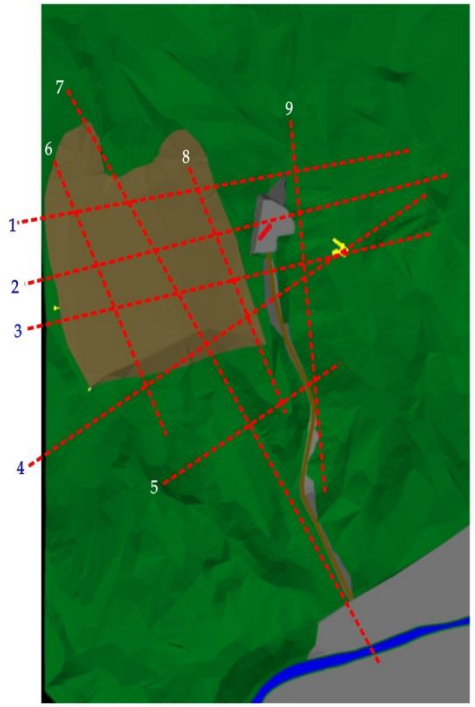




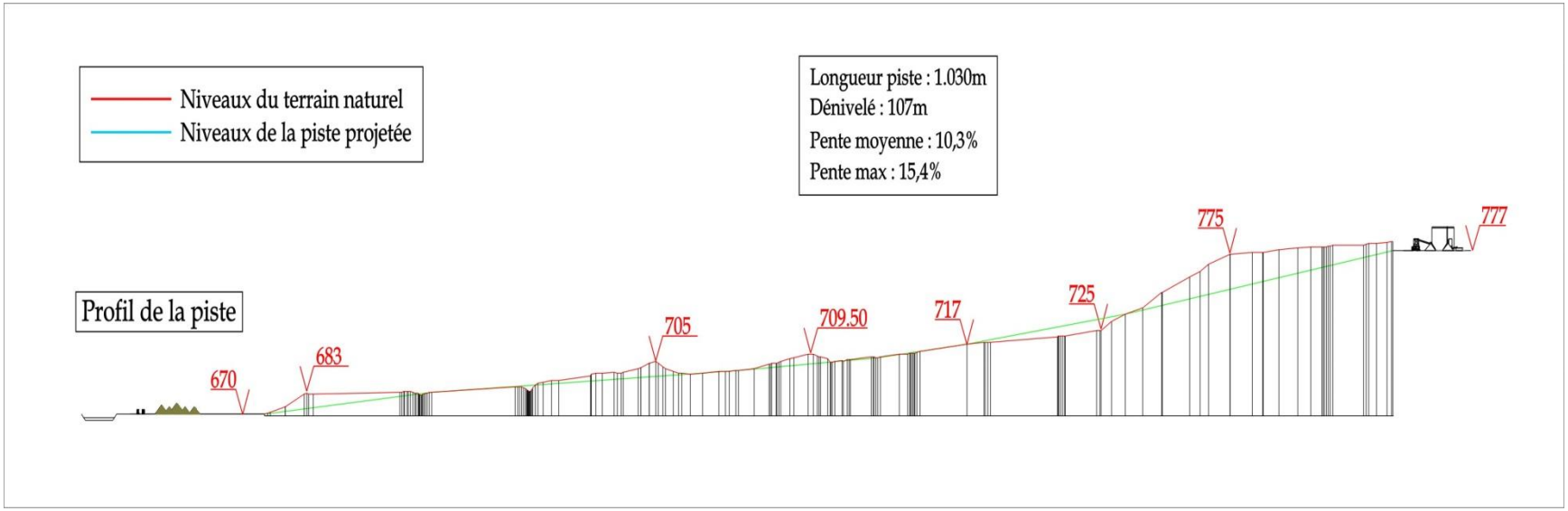


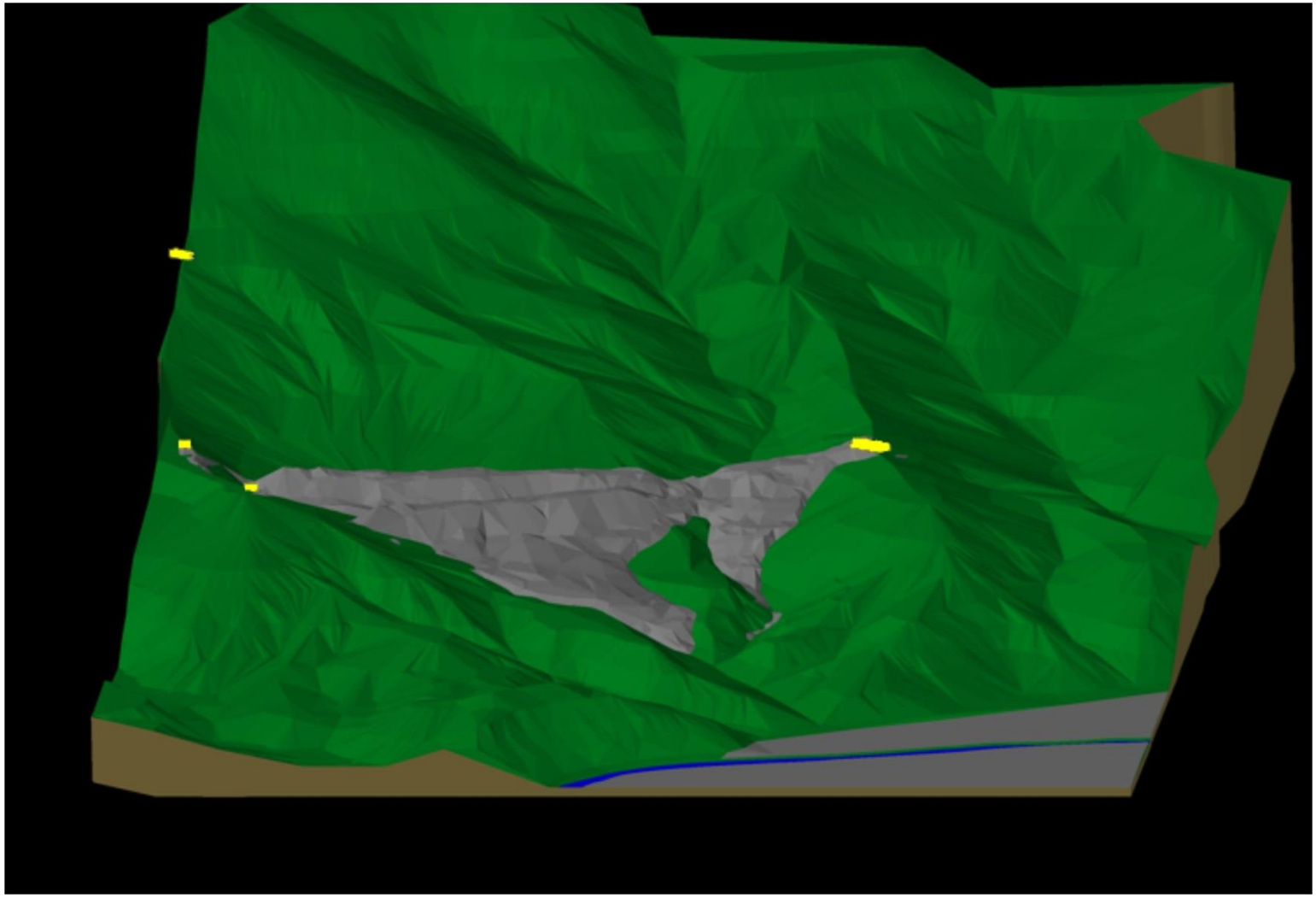


Localisation des profils



Niveaux du terrain naturel
Niveaux des terrils existants
Niveaux du projet


Niveaux du terrain naturel
Niveaux de la piste projetée
Longueur piste : 1.030m
Dénivelé : 107m
Pente moyenne : 10,3%
Pente max : 15,4%
Profil de la piste
670
683
705
709.50
717
725
775
777



MERCI DE VOTRE ATTENTION