

UNE GEOGRILLE DANS UN PARC PAYSAGER DU CONSEIL GENERAL DU VAL DE MARNE POUR SE PROTEGER CONTRE LES FONTIS

A GEOGRID IN A LANDSCAPE PARK OF THE « CONSEIL GENERAL DU VAL DE MARNE » AGAINST SUBSIDENCE

Françoise. DUBREUCQ¹ - Johann. BRUHIER² - Olivier. GUILLAUD³

¹ Conseil général du Val de Marne, Créteil, France

² Société Huesker

³ Société Botte Fondations

RESUME - Le Conseil général du Val de Marne réalise l'aménagement d'un parc paysager d'une centaine d'hectares, dont 40 sont sous-minés par une carrière de gypse abandonnée. Cette dernière se situe à environ 45 m de profondeur et présente un état de dégradation responsable de désordres et de risques en surface. Parmi ceux-ci, le plus dangereux pour les personnes se caractérise par la remontée de fontis (effondrements brutaux en forme de cheminée), nécessitant une mise en sécurité de la surface. L'optimisation de celle-ci a orienté le choix vers la mise en place d'une géogrille, enterrée entre 1 et 1,5 m de profondeur, faisant office d'anti-chute. Grâce à un calepinage particulier, cette protection forme un «filet» pouvant atteindre une surface de plusieurs hectares. Le suivi du vieillissement de la géogrille a été envisagé dès le début.

Mots clés : **carrière abandonnée ; fontis ; risques ; sécurité ; géogrille**

ABSTRACT - The "Conseil général du Val de Marne" currently carries out the construction of a landscape park at size of about hundred hectares of which 40 under are located on top of an abandoned gypsum quarry. The latter is at depth of approximately 45 m presenting in a condition causing sensible deformations and high potential for the development of sinkholes. Subsidence of the subsoil which presents as a sudden development of chimneys propagating to the surface is considered most dangerous for the public, therefore calling for a protection system. Analysis of various protection systems directed the choice towards the installation of a geogrid, covered with 1,0 to 1,5 m soil. Thanks to a particular disposition of the individual layers, the geogrids form a net which can reach a surface of several hectares. Long term behaviour of the geogrid was considered right from the start.

Keywords : **abandoned mining ; sinkhole ; risk ; security ; geogrid**

1. Introduction

Le Conseil général du Val de Marne réalise depuis plusieurs années l'aménagement d'un parc paysager, dans un environnement très urbanisé, à Vitry-sur-Seine, à 5 km à vol d'oiseau au sud-est de Paris (fig.1).

Ce parc d'une superficie d'une centaine d'hectares, en comprend 40 sous-minés par une carrière de gypse abandonnée. Cette dernière, située à 45 m de profondeur en moyenne, est inaccessible et présente un état de dégradation très avancé, responsable de désordres visibles en surface. Ceux-ci se manifestent, d'une part par des affaissements généralisés et d'autre part, par des remontées de fontis, phénomènes dangereux, aléatoires dans le temps et dans l'espace, lorsqu'ils arrivent à la surface.

En raison de l'ouverture au public et de la présence de personnes chargées de l'entretien du parc, une mise en sécurité de la surface s'avère indispensable en raison des risques potentiels. Le Conseil général a donc examiné les méthodes de mise en sécurité du site ainsi que leurs coûts. Les comblements classiques et le traitement du sol sur 40 ha s'avéraient très onéreux pour obtenir une sécurité suffisante. En outre, le seul comblement ne permet pas d'assurer qu'un fontis en cours de remontée ne parvienne jusqu'à la surface. Aussi, la mise en place d'une protection enterrée de type géogrille a été envisagée avec une mise en œuvre adaptée aux caractéristiques du site.

Le modèle de géogrille retenu s'est fait en fonction de l'utilisation la plus contraignante en surface, à savoir l'entretien du parc à l'aide d'engins de type tracteurs. De plus, une méthodologie spécifique a été mise au point, d'une part pour la réalisation des zones d'ancrage de la géogrille et d'autre part, pour le calepinage particulier appliqué à la pose en forme de tapis. Enfin, un suivi de l'endommagement et du vieillissement de la géogrille a été envisagé dès l'enfouissement des premiers lés.



Figure 1. Localisation du parc départemental des Lilas dans le Val de Marne

2. Les risques potentiels encourus en surface en raison de la présence de la carrière de gypse abandonnée

La mise en sécurité du sol et du sous-sol dépend des risques encourus et des aménagements prévus en surface. Ainsi deux grands types de risques existent sur ce site.

2.1. La formation et la remontée de fontis

Les fontis se caractérisent par des effondrements du ciel de carrière (fig.2). Ils remontent progressivement vers la surface en formant une «cloche de fontis». Dans des conditions favorables, ils arrivent à leur terme et se manifestent par une rupture brutale du sol, en forme de cheminée de plusieurs mètres de diamètre et de profondeur (fig.3). Ils se localisent souvent dans des secteurs à rupture de pente (rupture de plateau, auréole d'affaissement généralisé). A ces endroits, il existe une fissuration préférentielle, siège d'infiltrations (notamment en présence de nappe), ce qui favorise et accélère leur remontée vers la surface.

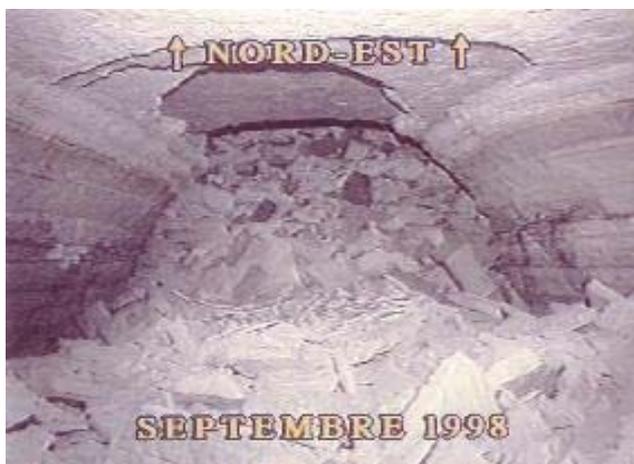


Figure 2. Vue par vidéo-scopie d'un fontis en carrière



Figure 3. Ouverture d'un fontis en surface

Les fontis arrivés en surface représentent les événements les plus dangereux pour les personnes en raison de la brutalité de leur apparition et du risque d'accident grave par chute, étouffement, écrasement par les terrains en surplomb.

2.2. Les affaissements généralisés

La géomorphologie de ce phénomène se caractérise par des dépressions en forme de grandes cuvettes de plusieurs dizaines de mètres de diamètre qui correspondent à la rupture de piliers. Le transfert des charges sur les autres piliers entraîne la rupture de ces derniers et un affaissement de plus grande ampleur, c'est l'effet «château de cartes». Ce phénomène présente des risques essentiellement pour le bâti qui ne peut pas supporter de déformation. Cependant, autour de ces affaissements, il existe une zone, appelée « auréole d'affaissement », caractérisée par une rupture de pente, siège d'une fissuration préférentielle, d'infiltrations, facilitant donc la remontée de fontis.

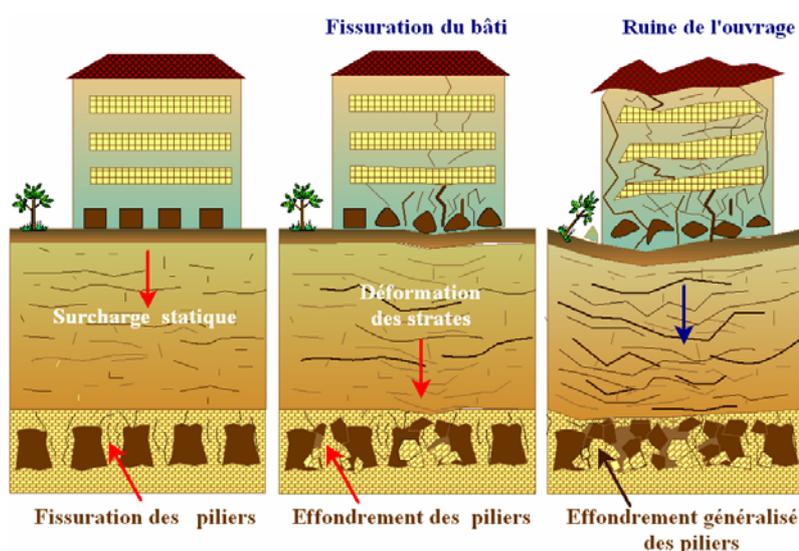


Figure 4. Mécanisme d'un affaissement généralisé



Figure 5. Affaissement généralisé

Une analyse typologique de la carrière de Vitry-sur-Seine a été établie pour évaluer la localisation préférentielle des types de risques et l'évolution des cartes des carrières antérieurement éditées par l'Inspection Générale des Carrières de Paris (IGC) .

3. Pourquoi le choix d'une géogrille

3.1. Les limites des traitements classiques du sous-sol

La mise en sécurité classique du sous-sol par des comblements évite d'une part les affaissements généralisés et d'autre part la formation de nouveaux fontis en carrière. Mais, pour une superficie de 40 ha, elle nécessite des investissements très importants. De plus, cette méthode présente l'inconvénient de maintenir le risque de venue à jour d'anciens fontis, en cours de remontée entre 0 et 45 m de profondeur et non détectés. En l'absence de bâti, les affaissements généralisés ne présentent pas de risques majeurs s'ils ne sont pas associés à des remontées de fontis sur leur pourtour. Par conséquent, le comblement de la carrière n'était pas indispensable d'autant plus que le site, voué à un espace vert, restera non constructible.

3.2. Les attentes techniques de la géogrille

Après réflexion à l'aide d'experts, notamment le Laboratoire Régional de l'Est Parisien (LREP), la solution d'une géogrille enterrée en guise « d'anti-chute » pouvait être envisagée si elle répondait à plusieurs critères techniques de sécurité et de durabilité. Ainsi il a été demandé à un fabricant de réaliser une géogrille d'une part capable de supporter un tracteur (environ 3 T) sous les roues duquel un fontis de 6 m de diamètre s'ouvrirait et d'autre part, qu'elle ait une durée de vie correspondant à celle de l'estimation de l'affaissement total de la carrière, soit environ 100 ans.

En dehors des exigences liées à la sécurité du site, son aménagement en espace vert imposait au niveau de la géogrille une absence de colmatage et d'accumulation d'eau qui aurait favorisé une asphyxie des racines des végétaux. Il fallait également un produit en forme de grille, qui plus est, assez souple pour permettre le passage des racines et leur croissance dans le temps.

3.3. Les caractéristiques techniques de la géogrille choisie

Le fabricant nous a proposé une géogrille de type Fortrac de 625 kN/m, avec une maille de 20x80 mm (fig.6) et une durée de vie estimée à 120 ans, à condition de respecter ses prescriptions de pose. La géogrille est enrobée d'un polymère pour la protéger et de n'avoir qu'un seul matériau à mettre en œuvre. Ce matériau présente une certaine souplesse pour faciliter la pose et une déformation suffisante en cas d'affaissement généralisé, déformation accrue grâce à des sillons réalisés dans le fond de forme.

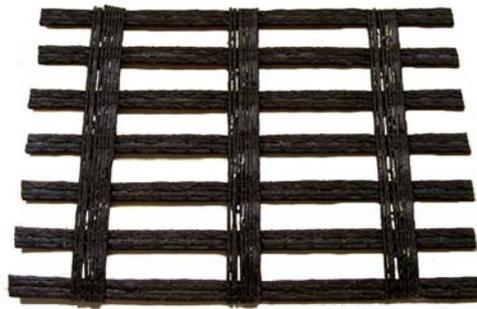


Figure 6. Échantillon de géogrille 625 kN/m

4. Methodologie de mise en œuvre de la geogrille

La mise en place de la géogrille sous forme « d'un filet enterré » d'une surface de plusieurs hectares, dans un secteur sous-miné dont la géomorphologie est susceptible de varier, a nécessité le développement d'une méthodologie spécifique de mise en œuvre. Elle comporte plusieurs volets : la reconnaissance du sous-sol ; l'élaboration d'un plan de calepinage précis ; la réalisation de zones d'ancrage ; le façonnement du fond de forme associé au déblaiement des sols ; la pose de la géogrille ; le remblaiement des sols.

4.1. La reconnaissance des sols et du sous-sol

La reconnaissance des sols et du sous-sol s'effectue à partir des cartes des carrières ; de la reconnaissance sur le terrain de la géomorphologie ; des études typologiques des risques liés à ce site ; de forages. Cette phase est réalisée en collaboration avec le bureau d'études GEOSCAN, le fabricant de géogrille HUESKER et l'entreprise BOTTE FONDATIONS.

4.2. Le plan de calepinage de la pose

La mise en place de la géogrille dépend de plusieurs facteurs : en premier lieu de l'évaluation des risques potentiels pour les personnes ; en second lieu des priorités et des impératifs de l'aménagement paysager.

Un plan de calepinage (fig.7) est établi, sur la carte des carrières de l'IGC (Inspection Générale des Carrières de Paris). Il permet de déterminer le nombre de lés, leurs recouvrements longitudinaux,

latéraux et de pré-définir le positionnement du « tapis de géogrille ». A ceci viennent s'ajouter la position et le nombre de sillons, nécessaires pour donner une certaine souplesse à la géogrille pour éviter sa rupture en cas d'affaissement généralisé. Sur ce plan de calepinage figure également le numéro des lés et leur longueur précise, informations nécessaires lors de la fabrication et pour la traçabilité du produit.

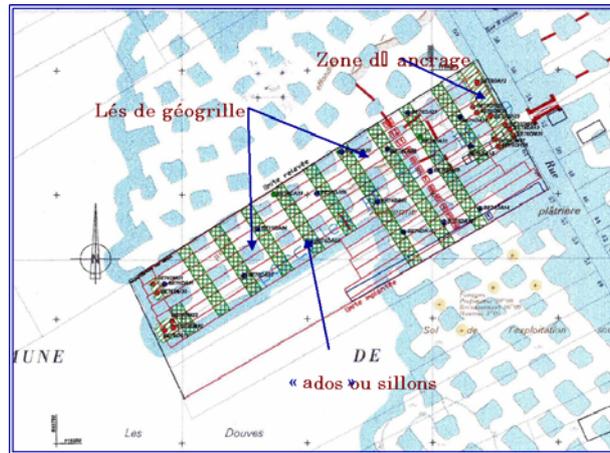


Figure 7. Plan de calepinage

4.3. Les zones d'ancrage

Les zones d'ancrage de la géogrille se situent aux extrémités des secteurs traités. Elles diffèrent selon qu'elles se trouvent dans un secteur sous-miné ou non. Les dimensions des zones d'ancrage sont définies dans le cahier de prescriptions de pose, remis par le fabricant en fonction des différents cas de figures rencontrés.

4.3.1 En terrain non sous-miné

Aucun traitement du sol et du sous-sol n'est nécessaire, les lés sont simplement posés à plat et recouverts de sol.

4.3.2 En terrain sous-miné

Un comblement et un traitement du sous-sol sont nécessaires. L'extension de la zone d'ancrage a pu être réduite grâce à la technique de pose de la géogrille, dans le but de diminuer le volume des injections.

4.3.3 Méthodologie de comblement

En raison de l'inaccessibilité de la carrière, le comblement et le confortement des zones d'ancrage sont réalisés uniquement à l'aide de forages.

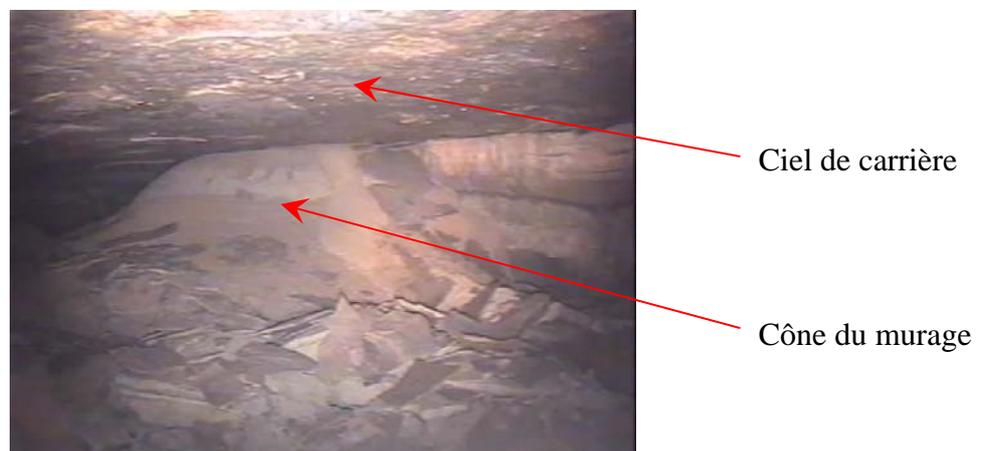


Figure 8. Contrôle par vidéo-scopie du murage délimitant la zone d'ancrage de la géogrille

Un contrôle par vidéo-scopie a été effectué au préalable pour vérifier l'état de la carrière, la localisation et l'efficacité potentielle des forages. Puis des murages délimitent les zones d'ancrage dans la carrière avant le comblement définitif et éventuellement le clavage.

Les zones d'ancrages ont été délimitées dans la carrière par un système de murage, réalisé entre les piliers à l'aide d'un mortier visqueux. Un contrôle vidéo-scopique (fig.8) permet de vérifier la qualité de leur réalisation avant le comblement gravitaire proprement dit.

Différents types de mortier plus ou moins liquides, voire visqueux sont utilisés en fonction des étapes successives du traitement. La zone d'ancrage est ainsi rendue artificiellement saine.

4.3. La pose de la géogridde et ses contraintes

Comme nous l'avons mentionné dans les paragraphes précédents, la pose de la géogridde a fait l'objet d'une attention particulière. Le schéma de la figure 9 en montre le principe.

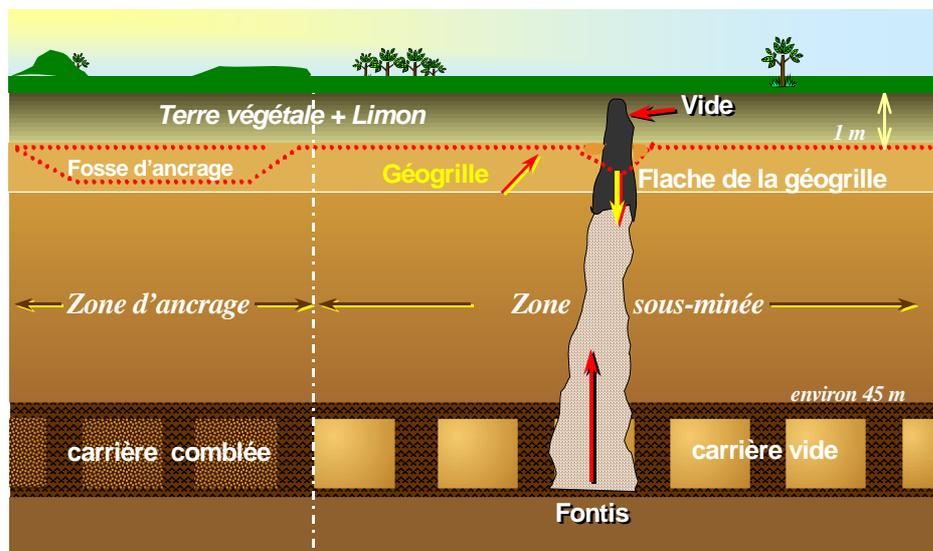


Figure 9. Concept de pose de la géogridde

Après le déblaiement des sols (Limon des Plateaux), préalablement analysés pour éviter tout endommagement de la géogridde, les horizons pédologiques sont séparés et un repérage des lés et des chevauchements est matérialisé sur le fond de forme (fig.10).



Figure 10. Fond de forme et pose de la géogridde avec chevauchement

Le fond de forme de pose de la géogridde est créé avec les sillons (ados) pour donner à cette dernière une certaine souplesse en cas d'affaissement généralisé pour éviter sa rupture (fig. 11).



Figure 11. Fond de forme

Enfin, il est procédé à un remblaiement des sols en respectant leur ordre originel (fig.12). Le déblaiement et le remblaiement de ces derniers s'effectuent au godet de curage en raison du potentiel archéologique du site.



Figure 12. Remise en place des sols

5. Tracabilité et surveillance du vieillissement de la géogridde

La méthodologie mise au point pour la pose de la géogridde se poursuit dans le temps de deux façons : la première concerne la traçabilité en cas de défaillance de la géogridde mise en place et la seconde concerne le suivi de son vieillissement puisque sa durée de vie est prévue pour 120 ans par le fabricant.

5.1. La traçabilité

Lors des livraisons des lés de géogrille, chaque rouleau, découpé selon la longueur établie et le numéro défini sur le plan de calepinage, porte un code barre qui est répertorié sur le plan de récolement. Ainsi, toute défaillance peut faire l'objet d'une vérification des conditions de pose et de fabrication.

5.2. Le suivi du vieillissement de la géogrille

Dès l'installation des premiers lés de géogrille en 2001, plusieurs d'entre eux ont été posés dans un secteur du parc non sous-miné par la carrière. Cela offre la possibilité de réaliser des prélèvements puis des essais de résistance du matériau au cours du temps, afin d'évaluer le degré de dégradation de cette protection.

Après 5 ans de pose, un premier lé a été déterré afin de subir un premier essai de résistance pour évaluer la perte de résistance de la géogrille après son installation (tableau 1). Une périodicité des essais a été établie à des pas de temps de 5, 10, 20 ans etc. Ainsi, le vieillissement évalué par calculs sera comparé à celui observé sur le terrain.

Tableau 1. Comparatif de l'endommagement de la géogrille après 5 ans

Mesures effectuées	Géogrille neuve	Géogrille après 5 ans
Résistance à la traction selon la norme NF EN ISO 10319	645,9 kN / m	608,4 kN / m
Allongement à la rupture selon la norme NF EN ISO 10319	12,1 %	11,1 %

6. Conclusions

Le Conseil général du Val de Marne a opté pour la mise en sécurité du site, grâce à l'installation d'une géogrille. Il reste sensibilisé aux contraintes dues à cet équipement, mais surtout à ses avantages.

Au chapitre des contraintes figurent :

1. l'obligation de conserver la mémoire de la présence de la géogrille afin d'éviter son endommagement,
2. la nécessité de venir traiter tout fontis qui arriverait à la surface,
3. le déboisement préalable à la pose de la géogrille.
4. l'absence de possibilité de re-profilage ultérieur des terrains,

Au chapitre des avantages pour un parc paysager figurent :

1. la rapidité d'exécution,
2. la sécurisation de grandes surfaces à long terme,
3. la diminution sensible du coût de mise en sécurité du sol (environ des 2/3 par rapport à des comblements et des traitements classiques),
4. la visibilité des surfaces traitées au travers des plans de récolement,
5. la meilleure protection des personnes en cas d'apparition de fontis à la surface, ou de fontis en cours de remontée,
6. le maintien du site en zone inconstructible.