

**Le drainage profond pour la stabilisation des glissements
de terrain par drains siphons®
et drains électropneumatiques®**
*Stabilized landslide zones with siphon drain and air pressure
drain*

S. BOMONT
Société TP-GEO
1, place des Platanes
71150 Fontaines
stabil@tpgeo.com

Résumé

Le drain siphon et le drain électropneumatique sont deux techniques innovantes dans les moyens de traitement des glissements de terrain par drainage profond. Depuis 1986, le drainage profond gravitaire jusqu'à 10 m de profondeur par drain siphon a permis de stabiliser plus d'une centaine de glissements de terrain. Deux applications sont présentées : la stabilisation de la RD 218 B dans un de ses lacets sur la commune de Hauteluce (Savoie) et l'autre sur l'autoroute A31 dans un passage en remblai sur un versant marneux près du péage de Langres Nord (Haute-Marne). Le drain électropneumatique permet le rabattement de nappe jusqu'à 40 m de profondeur. Il nécessite une énergie électrique et pneumatique, mais ne fonctionne que quand il y a de l'eau à pomper, grâce à un système de régulation.

Mots-clés : drainage, glissement de terrain.

Abstract

Since 1986, about 100 siphon drain sites have been installed to stabilize landslide zones. Two examples are described, the first one takes place on the RD 218 B road in Hauteluce (France, North of the Alps) and the second one is on the motorway number A.31 close to « North Langres » toll station (North-East of France).

Drains fed with air under pressure allow to dewater the water table as deep as about 40 meters under the soil surface with a flow less than 1.5 m³/h per drain

This drainage method is very interesting to stabilize deep landslides.

Key words : drainage, landslide.

1. Introduction

La démarche du géotechnicien confronté à une instabilité de pente comporte en général trois étapes :

- l'analyse des moyens à mettre en œuvre pour empêcher l'infiltration du ruissellement superficiel ;
- l'étude des possibilités de drainage du ou des aquifères générateurs d'instabilité ;
- la définition des solutions d'allègement ou des solutions faisant appel à des dispositifs de confortation, quand les deux premières approches n'ont pas permis à elles seules de traiter le problème.

Dans le cadre de l'étude des possibilités de drainage, plusieurs techniques ont fait leurs preuves : éperons et masques drainants, tranchées drainantes, drains subhorizontaux. Des techniques relativement récentes de drainage profond telles que les drains siphons et le drain électropneumatique complètent cette panoplie. Nous rappelons ci-après leur principe de fonction-

nement et présentons l'application à deux sites de glissement en ce qui concerne la technique de drainage par drain siphon.

2. Le drainage par drain siphon

2.1. Principe et fonctionnement

A l'amont ou dans la zone active ou potentielle de glissement, sont placés dans des forages, des drains verticaux ou inclinés dont la profondeur doit permettre d'atteindre le ou les aquifères à assainir. Ils sont en général disposés suivant des courbes de niveaux et sont en général distants de 3,00 m à 7,50 m.

Ces drains de 90 mm de diamètre, placés dans les forages de 165 mm de diamètre, sont ensuite siphonnés en profitant de la pente, par des tuyaux de diamètres variables ($\varnothing$ 10 à 20 mm), dont la longueur ne dépasse pas en général 150 m.

La hauteur efficace de siphonnage (en mètres) est régie par la formule suivante :

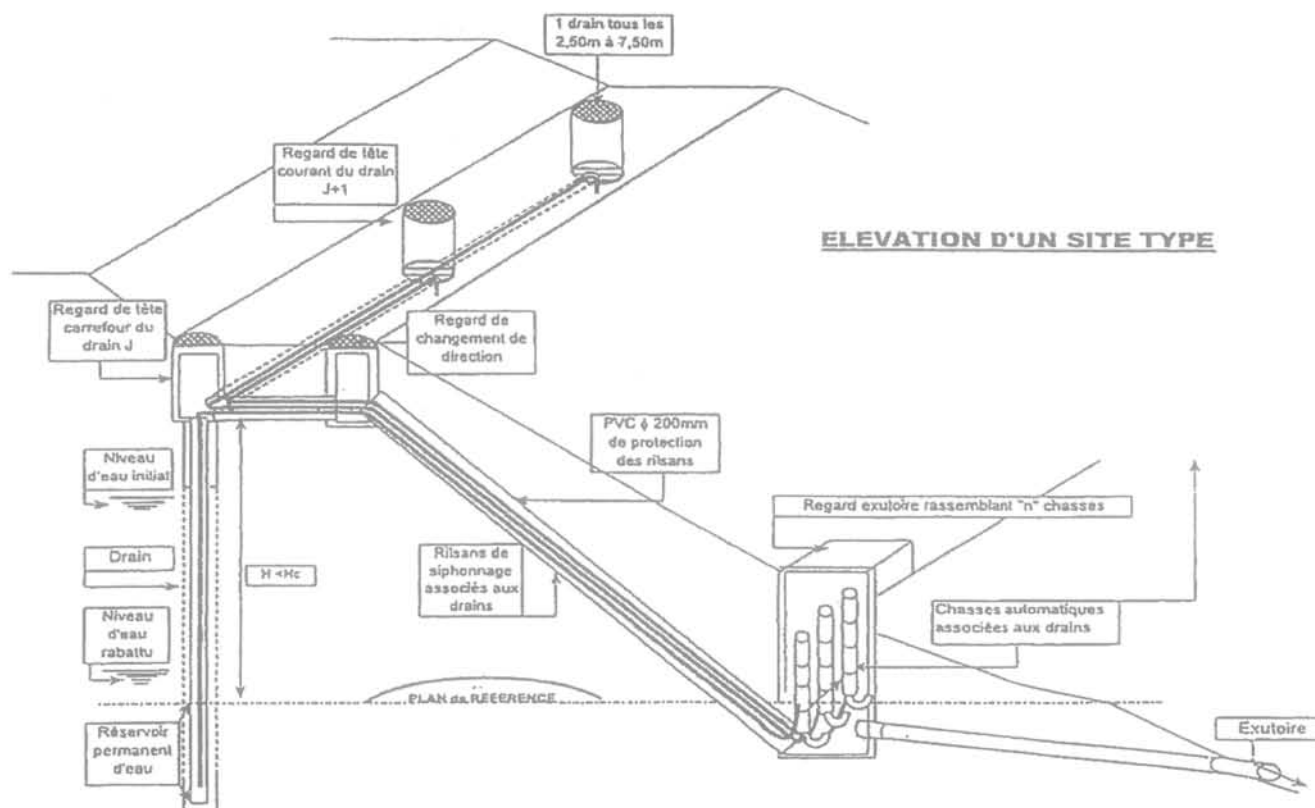


FIG. 1 Coupe en travers type sur un réseau de drain siphon.
Cross section of a siphon drain network.

$$H = 9,50 - \frac{X \cdot 1,16}{1000} - \frac{T \max (^{\circ}C)}{73,6} \quad (1)$$

H = hauteur entre le point haut du siphon et un plan de référence en dessous duquel il n'est pas possible de siphonner ;

9,50 m = hauteur efficace de siphonnage au niveau de la mer en cas d'intempérie ;

$\frac{T \max (^{\circ}C)}{73,6}$ = terme de correction fonction de la température de l'eau circulant dans le réseau ;

$\frac{X \cdot 1,16}{1000}$ = terme de correction fonction de l'altitude du site X en mètres. En général, à 500 m d'altitude, H est de l'ordre de 8,50 m.

Les dispositifs sont conçus par plots de 10 forages siphonnés vers un regard exutoire unique.

Afin de garantir le non-désamorçage du système, une « chasse automatique » (1993), placée à l'extrémité aval de chaque tuyau de siphon, permet :

- l'arrêt du siphon lorsque le débit devient inférieur à une valeur seuil, par exemple 30 l/h pour un tuyau de 10/12 mm ;

- son auto-démarrage quand le niveau d'eau est monté de 1 m dans le forage par rapport à son niveau d'arrêt.

Un réseau VRD composé de regards de tête



FIG. 2 Vue sur regard exutoire avec chasses automatiques.
Outlet manhole with automatically regulated flushing system.

Ø800 mm, d'un regard exutoire 1 000 x 1 000 mm² et de tuyaux en PVC Ø 200 à 300 mm dans lesquels sont disposés les tuyaux de siphonnage, permet la mise hors gel du dispositif. Il permet également l'accès pour les contrôles de fonctionnement et d'entretien.

La tranchée de tête, accueillant le réseau VRD, peut faire office de tranchée drainante afin d'écrêter les aquifères superficiels. Elle présente en général une profondeur moyenne de 1,50 m mais peut être approfondie si on souhaite augmenter l'efficacité du siphonnage.

2.2. Exemple de la RD 218 B à Hauteluce (73)

En juin 2000, suite à un affaissement aval de 40 mètres linéaires de la plate-forme de la RD 218 B

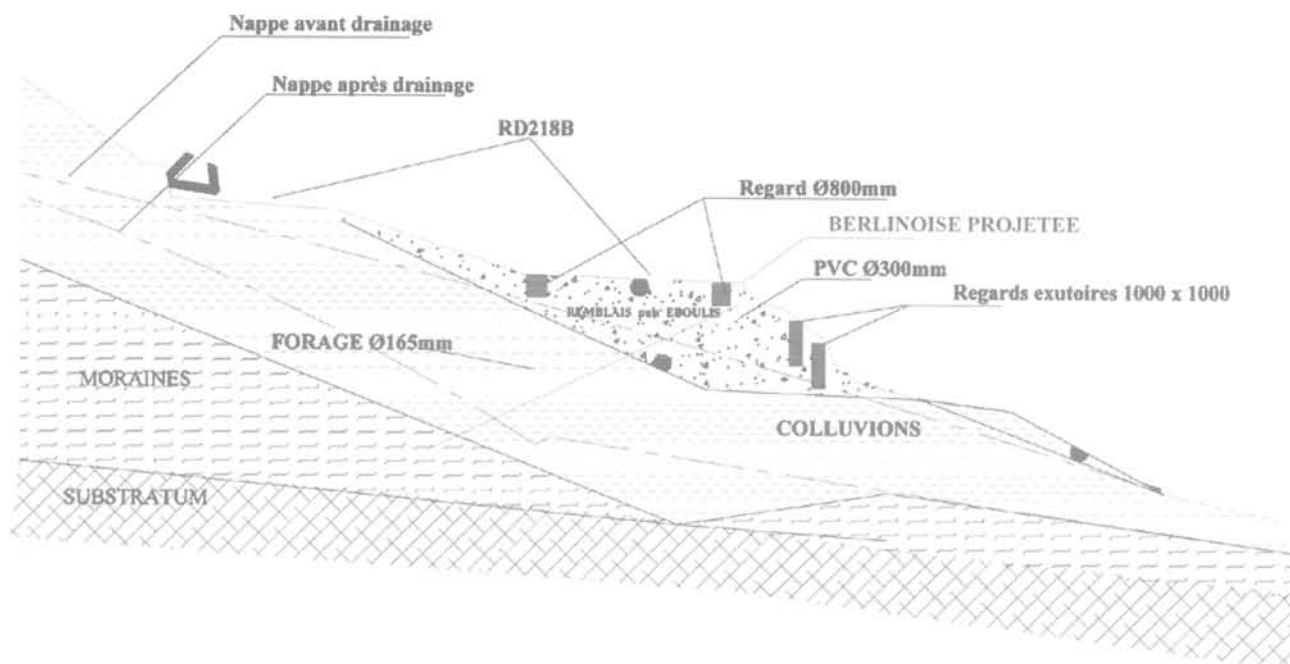


FIG. 3 Profil en travers type.
Cross section of the plan.

entre Hauteluce et Les Saisies, un confortement par drainage profond par drains siphons couplé à un dispositif de confortation de type berlinoise permettant l'élargissement de la plate-forme, a été mis en œuvre.

Le contexte géologique et hydrogéologique du secteur montrait la présence d'aquifères superficiels au sein des colluvions et éboulis de pente et des arrivées d'eau profondes dans un placage morainique sous-jacent aux colluvions, l'eau étant par place en charge à 2,50 m au-dessus du terrain naturel.

L'objectif des travaux était donc de rabattre à environ 8,00 m de profondeur ces aquifères générant l'instabilité. 10 drains siphons de 11,50 m de profondeur, espacés d'environ 4 m en moyenne, ont été installés sur la partie amont de la plate-forme.

Les relevés piézométriques effectués dans chaque drain (tableau I) confirment l'efficacité du drainage par drains siphons.

Les niveaux d'eau se sont stabilisés après quelques semaines de fonctionnement. Un suivi régulier en début d'installation est indispensable car l'entraînement de fines est important lors du démarrage du siphonnage, ce qui peut nécessiter des opérations de nettoyage.

Le suivi du dispositif et son entretien est assuré par la DDE, subdivision de Beaufort. Le coût total de l'opération s'est élevé à environ 450 000 francs hors taxes.

2.3. Exemple de l'A31 à Langres Nord (Haute-Marne)

À la suite d'instabilités apparues brusquement fin 1994 affectant la demi-plate-forme de l'autoroute A31 sens Langres-Toul, un premier traitement par masque drainant a été réalisé en urgence. Ces travaux, n'ayant pas suffi à stabiliser complètement le glissement, une étude géotechnique spécifique a été entreprise fin 1995. Elle mettait en évidence l'utilité d'un drainage profond

pour stabiliser le site, la rupture se développant en profondeur dans le terrain naturel sous les remblais de l'A31.

Après un suivi piézométrique de 1995 à 1998, une solution de drainage profond par drains siphons a été mise en œuvre en novembre 1999, permettant ainsi un rabattement de l'aquifère vers 9,00 m de profondeur en-dessous de la plate-forme de l'A31.

Aujourd'hui, l'ensemble de la plate-forme est stable.

Quinze drains siphons de 14,50 m de profondeur, espacés de 4 m en moyenne, ont été installés sur la partie aval de la plate-forme sens Langres-Toul.

TABEAU I Tableau des relevés piézométriques.
Water table measurements.

N° drain	Niveaux d'eau/TN		Débits L/h
	Avant siphonnage	Après siphonnage	
1	2,40	8,50	60
2	2,60	7,90	60
3	2,25	8,60	62
4	2,00	8,65	68
5	1,90	8,45	# 60
6	2,20	8,40	# 60
7	2,70	8,15	77
8	2,25	8,30	# 60
9	2,25	8,20	# 60
10	2,75	8,30	47
Total			614 L/h



FIG. 4 Vue générale du site avant travaux.
The landslide before road works.



FIG. 5 Vue générale du site en 1995.
Landslide zone in 1995.

Le réseau de protection de tête de 2 m de profondeur joue le rôle de tranchée drainante, afin d'écarter les aquifères superficiels parasites (pouvant provenir de la couche de forme).

Aujourd'hui, l'ensemble des drains permet de stabiliser les niveaux piézométriques entre 8,40 m et 9,60 m de profondeur. Des piézométries installées à la verticale de l'extrémité amont de la plate-forme sens Toul-Langres indiquent des niveaux d'eau fluctuant entre 8,00 m et 9,30 m.

Le coût total du dispositif s'est élevé à environ 500 000 F hors taxes. Le suivi de l'opération a été assuré par la Direction régionale Champagne-Lorraine de la SAPRR, basée à Semoutiers (Haute-Marne).

3. Le drainage par drain électropneumatique

Le drainage profond reste aujourd'hui une technique difficile à maîtriser au-delà de 10 m de profondeur. Pourtant il est parfois intéressant de pouvoir atteindre des aquifères générateurs de désordres à des profondeurs de quelques dizaines de mètres. Le drain électropneumatique breveté depuis 1999 est une technique innovante dans le drainage profond et ce pour des débits restant faibles, de l'ordre de 1,5 m³/h à 5 m³/h par drain. Les techniques existantes sont souvent mal adaptées aux besoins attendus, on notera le cas des pompes immergées nécessitant un débit d'alimentation minimal relativement élevé et posant souvent des problèmes d'entretien.

3.1. Principe de fonctionnement

Ces drains sont constitués, comme schématisé sur la figure 9 ci-après d'un corps de drain cylindrique doté à sa base d'un clapet à boule et en sa partie haute, il est composé par :

- un détecteur de niveau d'eau ;
- un tuyau d'amenée d'air comprimé ;
- un tuyau d'évacuation de l'eau pompée.

Le câble électrique en surface régle une commande de vanne d'air comprimé ouvrant ou fermant un tuyau provenant d'une bonbonne d'air comprimé, alimentée par un compresseur. L'autre extrémité du tuyau d'air comprimé est acheminée jusqu'à la chambre de pompage.

Le tuyau d'évacuation de l'eau pompée remonte jusqu'à la surface vers un exutoire ; il est doté à sa base d'un clapet anti-retour.

Quand l'eau rentre dans le corps de drain, l'eau étant en surpression par rapport à l'intérieur du corps, le clapet s'ouvre, l'eau monte jusqu'au sommet de la chambre de pompage ; le détecteur de niveau d'eau ouvre alors l'arrivée d'air comprimé. L'air comprimé rentre dans le corps de drain, chasse l'eau, qui ferme le clapet du bas.

L'eau est refoulée vers l'extérieur, vers la surface par le tuyau d'évacuation d'eau.

Le niveau d'eau baisse dans le drain et le détecteur de niveau d'eau arrête la commande de la vanne à l'arrivée du niveau d'eau en partie basse de la chambre et donc l'injection d'air comprimé, quand la chambre de pompage est vide.

L'eau refoulée dans le tuyau d'évacuation est maintenue par le clapet anti-retour.

Le clapet inférieur s'ouvre à nouveau pour une nouvelle séquence.

• Avantages

Plusieurs drains sont alimentés par un compresseur unique en surface (20 drains sans difficulté pour un petit compresseur de 2 000 l/mn - 7 bar).

Les drains posent des sujétions d'entretien très limitées : clapet inférieur et clapet anti-retour à contrôler.

Les drains ne fonctionnent que lorsqu'il y a de l'eau. Ils s'adaptent à une faible alimentation.

Ils peuvent drainer à grande profondeur (testés jusqu'à 40 m).

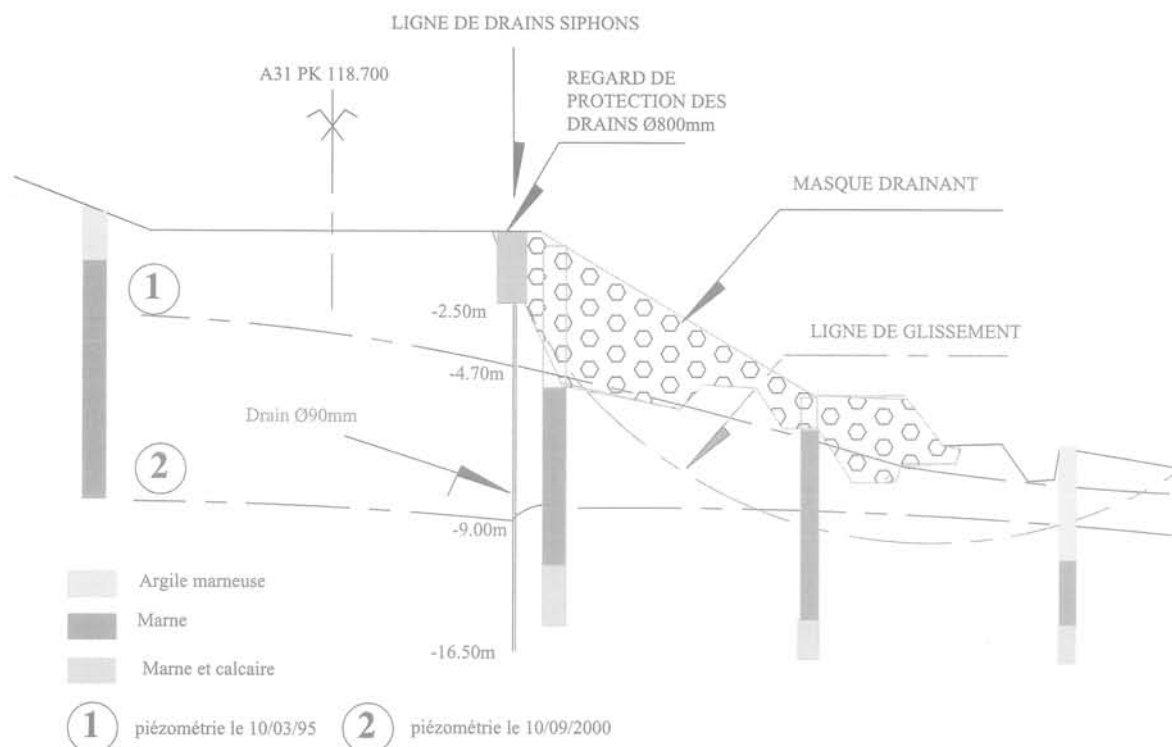


FIG. 6 Coupe en travers schématique.
Schematic cross section.



FIG. 7 Vue générale du site en 2000.
Landslide after road works in 2000.

• Inconvénients

Le fonctionnement du dispositif nécessite une source d'alimentation électrique.

Le compresseur est l'organe déterminant du fonctionnement : c'est en général un compresseur à vis, donc fiable mais qu'il faut surveiller.

Le suivi du compresseur peut être géré par un contrat avec un concessionnaire local. Le réservoir d'air est adjoint au dispositif pour prendre le relais d'une panne électrique de courte durée.

Chaque drain débite au maximum $5 \text{ m}^3/\text{h}$, ce qui, en général, est suffisant pour ce type de contexte.

Un forage de 150 mm de diamètre dans une nappe libre de 20 m d'épaisseur, dont le niveau d'eau serait

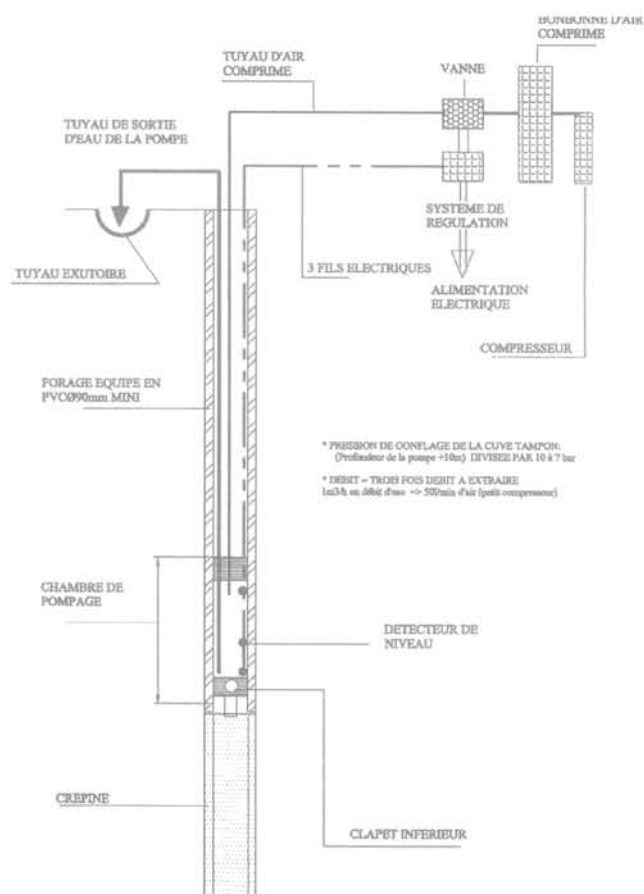


FIG. 8 Schéma technique du drain électropneumatique.
Drain technical sketch.

calé à la surface du TN, donne un débit théorique de $6 \text{ m}^3/\text{h}$ pour une perméabilité de 10^{-5} m/s .

Ce système de rabattement est donc adapté à des sols de perméabilité égale ou inférieure à 10^{-5} m/s .

3.2. Autres applications du drain électropneumatique

Outre son utilisation dans le cadre du drainage profond pour la stabilisation de glissements de terrain, ce type de drain peut être utilisé dans divers contextes, tels que le prélèvement d'eau dans les décharges ou encore pour l'assainissement à titre provisoire dans des opérations de terrassements.

4. Conclusion

Les techniques de drainage présentées sont utiles dans les travaux de terrassement. Elles sont complémentaires à d'autres techniques telles que les parois drainantes par exemple, tout en ayant comme objectif un rabattement de nappe conséquent pour la stabilisation de glissements de terrain.

Le drain siphon trouvera ses applications dans le cadre d'instabilités s'inscrivant dans un site dont la topographie permet sa mise en œuvre, comme les routes en profil mixte par exemple.

Pour les rabattements de nappe à plus de 10 m de profondeur, le drain électropneumatique s'avère être une technique intéressante s'adaptant bien à des débits faibles dans des terrains de perméabilité égale ou inférieure à 10^{-5} m/s .