

# PROCÉDÉ

## HUMI-STOP

**CLAUDE SACCARO**

Case postale 3148

2001 Neuchâtel CH

tél./ fax : 032 724 30 66

http : // [www.humi-stop.ch](http://www.humi-stop.ch)

E-mail : [info@humi-stop.ch](mailto:info@humi-stop.ch)



**Bureau d'étude des sols**

**Hervé Detomasi**

Rue Davel 14

1096 Cully CH

tél. 021 799 46 53

fax 021 799 46 54

[www.detomasi.ch](http://www.detomasi.ch)

E-mail : [solum.detomasi@bluewin.ch](mailto:solum.detomasi@bluewin.ch)

## L'ÉLECTRO-OSMOSE PASSIVE

## L' ASSÈCHEMENT DES BÂTIMENTS

### Introduction

L'humidité permanente dans un bâtiment est une source d'ennuis perpétuels. L'eau est retenue dans les murs, elle provoque des dégâts : les tapisseries se décollent ; peintures et enduits se tachent, se craquellent, les boiseries se fendent, pourrissent, le béton se carbonate. Bien souvent, ces bâtiments sont empreints d'une odeur de moisi qui exhale en permanence. Une sensation de « cru » fait partie de l'ambiance générale du bâtiment. De plus, de nombreuses personnes se sentent indisposées.

De nombreux propriétaires procèdent périodiquement, sans réflexion, à la réfection des pièces humides. Ces rénovations s'exécutent sans chercher l'origine des dégâts. Bien évidemment, ces investissements périodiques coûtent chers puisque rapidement l'humidité reprend ses droits et quasi instantanément de nouveaux dégâts apparaissent. Il arrive aussi que propriétaires et architectes se retrouvent au tribunal...

Certains proposent un plan d'assainissement qui passe par l'installation d'un réseau de drainage autour du bâtiment, d'autres, des remèdes dont l'efficacité s'avère aléatoire quand elle n'est pas totalement inadéquate.

Le drainage est un excellent moyen pour éliminer l'eau excédentaire. Cependant, un drainage se limite pour l'essentiel, à l'élimination de « l'eau libre », comme celle des mouillères, par exemple. Malheureusement, de nombreux sols sont soumis à une hydromorphie permanente ou temporaire sans que la technique du drainage soit efficace. À ce stade, il est important de rappeler que seule l'eau libre est éliminée par un réseau de drainage. Combien de mètres de tuyaux de drainage ont-ils été posés dans ces types de sols sans qu'ils éliminent le moindre litre d'eau ?

En amont du choix du remède, une extrême attention doit d'abord être portée sur une expertise exécutée sérieusement, où toutes les explications des dégâts doivent être démontrées. Des mesures contradictoires ainsi que les types d'humidité rencontrés doivent également être décrits. En cas de rénovation d'immeuble, il reste très important de faire une expertise des dégâts avant le premier coup de pioche, car ce qui s'est déjà produit, se reproduira.

## COMMENT L'EAU EST-ELLE PRÉSENTE DANS LES MURS ?

Les dégâts dûs à l'humidité proviennent de différents types d'eau :

- les eaux d'infiltrations
- l'eau de condensation
- l'eau de la remontée capillaire
- l'eau véhiculée par l'électro-osmose et l'électro-filtration

Il faut noter que l'électro-migration et l'électro-osmose sont ignorées, et le plus souvent confondues avec la capillarité. Ces phénomènes s'ajoutent mais sont totalement différents les uns des autres .

Capillarité = Loi de Jurin

Electro-osmose = Loi de Faraday , Helmholtz, etc

### Les eaux d'infiltration

Deux types d'eaux d'infiltration nous importent.

- Le premier type d'eau d'infiltration consiste en une infiltration d'eau visible (conduite d'eau défectueuse, ou autre). Dans ces conditions l'origine est plus ou moins rapidement trouvée et le moyen d'y remédier est « simple ».
- Le deuxième type d'eau d'infiltration est plus complexe, car il est lent. Il s'agit du passage d'un liquide à travers les interstices d'un corps. Il fait appel, par exemple, à l'infiltration des eaux de pluies qui diffusent dans le sol, puis dans les murs.

### L'eau de la condensation

Ce phénomène est connu, puisqu'il s'agit d'un passage d'une vapeur à l'état liquide. Les causes qui provoquent ce type de dégâts sont facilement repérables, il existe plusieurs moyens pour remédier à ce défaut.

### L'eau de la remontée capillaire

C'est l'ensemble des phénomènes relatifs au comportement des liquides dans des tubes très fins. Au siècle passé, de nombreux dégâts d'eau ont été mis sur le compte de la capillarité. Toutefois, de nos jours, il nous faut bien admettre que les dégâts d'humidité dans les murs, engendrés par le phénomène de la remontée capillaire se limitent à quelques centimètres de hauteur (20 à 30 centimètres).

La remontée de l'eau au travers du sol ne dépend pas de la seule résultante « capillarité ». Certes, la remontée capillaire participe à ce phénomène, mais dans une faible proportion, puisque des dégâts engendrés par l'humidité peuvent s'observer sur plusieurs mètres de hauteur. Le phénomène de la remontée capillaire est renforcé par les phénomènes d'électro-osmose et d'électro-filtration qui jouent un rôle primordial. Ils trouvent leur origine physique à l'échelle nanométrique. C'est à l'interface des particules d'argile (particules < 2 µm) et de la solution interstitielle, où se forment des couches ioniques, que ces phénomènes se généralisent. Dans un problème d'humidité, capillarité, électro-osmose et électro-filtration s'ajoutent pour former un seul potentiel humidifiant.

### L'électro-osmose

"Une différence de potentiel électrique provoque un déplacement du liquide interstitiel de l'anode vers la cathode en raison de la non uniformité de la distribution des cations et des anions au voisinage de la particule chargée": c'est l'électro-osmose.

## **L'électro-filtration**

Réciproquement, l'application d'un gradient de potentiel hydrique fait que l'eau entraîne, dans sa circulation des particules chargées, ce qui donne naissance à un courant électrique. Il s'agit de l'électro-filtration.

Ainsi, dans un sol ou dans un mur l'existence de forces thermodynamiques : gradients de potentiel hydrique, de potentiel électrique et de potentiel chimique provoquent des flux de solutions, d'électrons et de ions. La différence de tension électrique est généralement faible, il s'agit de millivolts ( $\sim 300$  à  $600$  mv).

## **COMMENT FONCTIONNE UN SOL, ET D'OU VIENNENT LES CHARGES ELECTRIQUES ?**

### **Le sol et ses constituants**

Un sol peut être divisé en deux mondes : Le monde des solides et le monde des fluides.

#### **Les solides**

Le monde des solides comprend le monde minéral qui peut être observé sous l'angle de la granulométrie (par exemple : l'argile, le limon, les sables) ou sous l'angle de ses constituants chimiques (par exemple les ions :  $\text{Ca}^{++}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$  ). Le monde des solides comprend également les matières organiques (l'humus), la faune (par exemple, les vers de terre) et la flore (par exemple: les champignons).

#### **Les fluides**

Le monde des fluides comprend l'eau et les gaz. L'atmosphère du sol contient les mêmes composants que l'atmosphère que l'on respire, mais la proportion des gaz varie. Par exemple, il y a plus de  $\text{CO}_2$  que d'oxygène  $\text{O}_2$ . L'eau, l'objet de notre attention, occupe les interstices du sol. Selon la grosseur des interstices, nous rencontrons :

- l'eau « libre » qui occupe les macro-pores du sol et qui est entraînée en profondeur par gravitation
- l'eau « utilisable » par les végétaux et capable de se déplacer dans les méso et micro-pores
- l'eau « inutilisable » est celle qui est fortement fixée à la périphérie des argiles ou piégée à l'intérieur des feuillets d'argile.

Nous le répétons : seule l'eau « libre » est le type d'eau susceptible d'être captée par les tuyaux de drainage. Les autres types d'eau ne peuvent être captés. Par contre, ils stagnent dans les murs. Ils jouent un rôle déterminant dans les phénomènes d'électro-osmose et d'électro-filtration liés aux dégâts d'eau dans les murs des bâtiments fussent-ils de béton.

### **Un sol sain**

L'excès d'eau se réalise naturellement dans un sol sain. Ce dernier comprend une bonne proportion des composants du monde minéral et du monde organique. Dans ces conditions, les particules du sol se structurent, elles forment entre-elles des macro-pores qui permettent l'élimination de l'eau par gravitation. Les proportions d'argile, de limon et de sable jouent entre-elles un rôle déterminant. Trop d'argile et de limon favorisent la formation d'une structure où les micro-pores dominent. Mais, le plus important, est la teneur en humus qui autorise la formation de structures contenant des macro-pores.

Par exemple, un sol en équilibre est un sol qui contient : de l'argile  $\sim 20$  %, du limon  $\sim 20$  %, du sable  $\sim 60$  % et de l'humus ( $\sim 3$  %). Cet équilibre se rencontre en surface, là où l'activité biologique est intense. L'eau et l'air circulent, la vie est possible.

## Un sol à problèmes

Lorsque les rapports entre les particules d'argile, de limon, de sables et d'humus se modifient les propriétés du sol changent. Dans le cas qui nous intéresse, si l'argile et les limons sont présents dans de fortes proportions (au détriment des sables et de l'humus), la formation de micro-pores domine. Dans ces conditions l'eau est retenue dans le sol. L'eau domine au détriment de l'air, c'est alors que les phénomènes d'altération, d'électro-osmose et d'électro-filtration prennent le dessus.

Ces conditions se rencontrent lorsque les proportions des constituants se modifient. Par exemple, un sol déséquilibré est un sol qui contient : de l'argile ~30 à 40 %, du limon ~40 à 60 %, et pas ou peu d'humus (~ 0 à 1 %). Ce déséquilibre se rencontre en profondeur, là où il n'y plus d'activité biologique. Dans la nature, on rencontre de nombreux autres cas de figure. Par exemple, un sol peut présenter le déséquilibre présenté ci-dessus déjà dans les premiers centimètres du sol lorsque celui-ci à été soumis à une forte érosion.

## LA DÉGRADATION DES SOLS

Dans un milieu sain, tous les mécanismes de dégradation du sol sont présents, mais ils se déroulent très lentement. Il n'en va pas de même dans un milieu hydromorphe. Les mécanismes de dissolution, d'hydratation et d'hydrolyses s'amplifient et de ce fait, le sol se dégrade d'autant plus vite.

### La dissolution

Dans un sol calcaire hydromorphe par exemple, la destruction du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) est une dissolution.

Dans un premier temps, il y a formation d'acide carbonique :  $\text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{CO}_3$

Puis, altération du carbonate de calcium par cet acide.  $\text{H}_2\text{CO}_3 + \text{CaCO}_3 \rightleftharpoons \text{Ca}^{++} (\text{HCO}_3^-)_2$

Cette altération est amplifiée dans les sols froids. Or, l'humidité ralentit considérablement le réchauffement du sol.

### L'hydratation

Cette altération est liée à la polarité de l'eau. Un réseau cristallin présente à sa périphérie des charges électriques. Les molécules d'eau s'orientent autour du réseau cristallin selon une polarité inverse. Or, un réseau cristallin n'est pas stable, il contient des fissures. Ces fissures présentent à l'intérieur des polarités différentes. Des molécules d'eau peuvent « forcer » le passage à la périphérie de ces fissures et s'infiltrer à l'intérieur du réseau. À ce stade, n'oublions pas que, de par leur polarité les molécules d'eau vont encore augmenter l'instabilité. Ainsi de proche en proche l'eau altère un réseau cristallin.

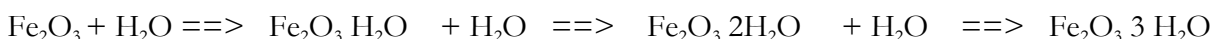
Exemple d'hydratation : l'hématite qui se transforme en limonite

### Hématite

### Goethite

### Stilpnosidélite

### Limonite



Précisons que la limonite est un traceur indiquant l'hydromorphie temporaire.

### L'hydrolyse

Les argiles, au sens minéralogique, sont des phyllosilicates d'alumine. À l'échelle nanométrique, ils se présentent sous forme de feuillets empilés les uns sur les autres, un peu comme des les mille feuilles de la pâtisserie. Ces feuillets sont liés entre-eux par des liaisons plus ou moins fortes selon le type d'argile.

Dans ce cas de figure, l'altération est une combinaison entre l'hydratation (pénétration des molécules d'eau entre les feuillets d'argile) et des phénomènes de substitution d'éléments composant le réseau cristallin. Dans un premier temps, les molécules d'eau sont capables d'écarter les feuillets d'argile. Elles fragilisent ainsi le réseau cristallin. Comme le réseau est déséquilibré, il va s'ensuivre toute une série de substitutions au sein des feuillets, entre des atomes comme le silicium ( $\text{Si}^{4+}$ ) qui sont « chassés » du réseau et remplacés par un ( $\text{Al}^{3+}$ ). Il existe également des substitutions entre l'aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) et le magnésium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Toutes ces substitutions entraînent une différence de potentiel électrique, l'argile devient électronégatif. À la périphérie des argiles, des films de molécules d'eau se forment. Ces molécules polarisées s'orientent selon la polarité de l'argile qui est devenue électronégative et le pôle positif de la molécule d'eau. On observe également la présence de cations dans la solution interstitielle, ils entourent l'argile en couches de plus en plus lâches au fur et à mesure qu'on s'éloigne de l'argile. À très long terme, tous ces mécanismes tendent à la transformation des argiles puis à leur destruction. Or, si les structures se détruisent, le milieu devient encore plus hydromorphe.

### **LES SOLS HYDROMORPHES ET LES LIMITES DE L'EFFICACITE D'UN RESEAU DE DRAINAGE**

Les sols hydromorphes sont des sols saturés de façon temporaire ou permanente par un excès d'eau le plus souvent sous forme de micro-particules, ils sont donc périodiquement privés d'oxygène pendant un temps plus ou moins long. Ces milieux engendrent des dysfonctionnements hydriques.

Le drainage est un excellent moyen pour éliminer l'eau excédentaire. Cependant, un drainage se limite pour l'essentiel, à l'élimination de « l'eau libre », comme celle des mouillères, par exemple.

Malheureusement de nombreux sols sont soumis à une hydromorphie temporaire sans que la technique du drainage soit efficace, c'est parce qu'il n'y a pas « d'eau libre ». Combien de mètres de tuyaux de drainage ont-ils été posés dans ces types de sols sans qu'ils éliminent le moindre litre d'eau ?

### **LE PASSAGE DE L'EAU DU SOL AUX MURS DES BATIMENTS**

Nous l'avons vu, l'eau du sol se déplace du milieu le plus riche au milieu le plus pauvre. Dans un sol, en surface, soit l'eau s'évapore ou, soit elle est absorbée par les végétaux, par transpiration. Ce mouvement de l'eau est donc naturel. Lorsqu'il pleut, l'eau l'excédentaire est éliminée par gravitation, par évaporation ou par transpiration des végétaux. Le milieu s'assèche tout naturellement.

Que se passe-t-il sur un chantier où les terres ont été stockées indifféremment, où il n'y a plus de végétaux pour éliminer l'eau par transpiration ? Quelles peuvent être les causes qui vont engendrer des dégâts ?

### **Des conditions de stockage douteuses**

Normalement les terres doivent être triées et stockées différemment selon leur qualité. Les articles 12 et 13 de l'ordonnance des sols sont très clairs à ce sujet. Malheureusement, cette approche fait encore bien défaut dans de nombreux cas. Dans d'autres cas, la bonne terre « disparaît » tout simplement. Bien souvent, le sous-sol, terre sujette à une forte rétention d'eau, est stocké sur une trop grande hauteur. Lorsqu'un tas de terre est stocké dans ces conditions, il est tassé. De plus, le stockage se prolonge bien souvent en raison du retard pris lors des travaux. Comme les normes ne sont pas respectées, en période de fortes précipitations, la terre se gorge d'eau. Cette terre ne peut plus évacuer l'eau qu'elle contient.

## **L'eau excédentaire peut provenir d'une autre parcelle**

C'est aussi un cas de figure très fréquent. Que les eaux proviennent de sources, de mouillères liées à des couches fluctuantes d'argile ou qu'elles proviennent de résurgences, bien souvent un bâtiment se gorge d'eau à cause de parcelles situées en amont du bâtiment.

## **Les fortes humidités des murs proviennent des sols hydromorphes**

En fait, il y a très peu de différence entre le sol et les divers matériaux composant les murs. Les mouvements de l'eau dans le sol et dans les murs sont identiques. Dans les deux cas, nous avons affaire à des argiles, des composants minéraux, du calcaire et des ions en solution. A ce stade, il est intéressant de rappeler une loi de minéralogie, découverte par Pierre Curie. Cette loi énonce que tous les minéraux soumis à une contrainte physique, présentent une polarité à sa périphérie. Or, dans la nature, les roches, qu'elles soient d'origine magmatiques, métamorphiques ou sédimentaires, sont soumises à des contraintes physiques. Ainsi les matériaux de construction d'origine minérale présentent également tous les ingrédients pour créer une électro-osmose et une électro-filtration. Compte tenu que nous avons tous les ingrédients, il est aisé d'admettre que l'eau qui « circule » dans les sols hydromorphes, se déplace avec les mêmes règles dans les matériaux de construction.

## **Une preuve si nécessaire**

Dans un sol, le produit de l'activité biologique peut être estimé, entre autres, par la production de nitrates. Les matières organiques fraîches soumises à l'humification et à la minéralisation libèrent des ions  $\text{NO}_3^-$ . Ces anions se trouvent dans la solution du sol et font partie intégrante du soluté. Donc, la libération de nitrates dans les sols est non seulement normale, mais une forte présence de nitrates est une caractéristique du sol.

Dans la nature, les seules quelques rares roches qui contiennent des nitrates, sont les « évaporites ». Ce sont des roches sédimentaires qui se forment par évaporation d'eau de mer piégée dans des lagunes, les nitrates se concentrent et cristallisent. Ces roches qui contiennent des nitrates sont : les salpêtres, le gypse la sylvinite ... . Ces roches ne sont pas utilisées dans la construction car, elles sont trop solubles et ne présentent aucune résistance à l'altération. Or, les matériaux composants les bâtiments ne contiennent pas de nitrates.

Dès lors comment expliquer la présence de nitrates dans les murs humides si ce n'est par l'acquiescement des phénomènes d'électro-osmose et d'électro-filtration.

## **LE PROCÉDE HUMI-STOP**

Nous sommes donc en présence d'un ensemble d'éléments et de mécanismes connus. De l'eau polarisée, des argiles également polarisées, une solution riche en ions, voilà pour les éléments. Pour les phénomènes nous retenons, la remontée capillaire, l'électro-osmose, l'électro-filtration et surtout un courant continu de quelques centaines de millivolts. A ce stade et après avoir constaté la présence d'une forte humidité à l'intérieur d'un bâtiment, comment pouvons-nous stopper ces phénomènes de remontée des eaux ?

Lorsque nous sommes en présence d'une forte humidité à l'intérieur d'un bâtiment, rares sont les cas où l'on peut éliminer l'excès d'eau par l'installation d'un réseau de drainage appliqué à l'extérieur du bâtiment. Dans de nombreux cas, l'humidité provient des sols hydromorphes.

Encore une fois, il ne faut pas confondre humidité et eau libre.

Ainsi, dans un sol l'existence de forces thermodynamiques : gradients de potentiel hydrique, de potentiel électrique et de potentiel chimique provoquent des flux de solutions, d'électrons et de

ions. La différence de tension électrique est généralement très faible, il s'agit de quelques centaines de millivolts. En fait, nous sommes en présence d'un courant continu.

### Principe du procédé Humi-Stop

Pour comprendre l'efficacité du procédé humi-stop, il nous faut revenir aux sources de la physique électrique. La loi de Lenz (ou loi de Lenz-Faraday) sert en électromagnétisme et permet de déterminer le sens du courant induit. Si l'on approche le pôle Nord d'un aimant d'un solénoïde relié à un ampèremètre, on constate l'apparition d'un courant induit dans le circuit. L'aimant crée un flux dans le bobinage et son déplacement provoque une variation de ce flux. La loi de Lenz peut s'énoncer comme suit : un changement d'état d'un système électromagnétique provoque un phénomène dont les effets tendent à s'opposer à ce changement, ou plus simplement, tout courant induit s'oppose à la source qui lui donne naissance.

Comment remédier à l'eau excédentaire dans les sols hydromorphes. Après avoir expertisé le sol à l'aide d'observations in situ et d'analyses appropriées, un correcteur de champ électromagnétique unique est fabriqué et installé d'après une méthodologie spécialement adaptée à chaque type de sols et à chaque bâtiment.

Dès la pose du système, une modification du champ électromagnétique s'opère. Elle est mesurée instantanément. Dans un même temps le mouvement ascensionnel de l'eau se trouve ralenti. En créant un champ électromagnétique dans le couple sol-bâtiment, on rend ainsi passif les phénomènes de l'électro-osmose et de l'électro-filtration.

### Utilisation de couplage thermo-électro-mécanique

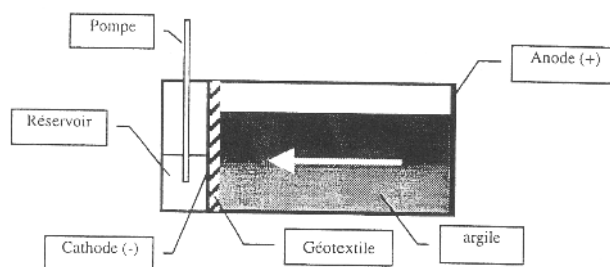
Il est intéressant de savoir que d'autres procédés similaires de traitements électro-chimiques sont utilisés. Par exemple, un procédé utilisant plus de 400 volts est employé dans la consolidation de terrains argileux. Autre exemple : des sites pollués aux phénols ou au cuivre sont également décontaminés par des traitements analogues.

Le procédé d'électro-osmose est utilisé en géotechnique pour la stabilisation provisoire des pentes en phase de terrassement ou encore dans la réhabilitation des bassins de décantation des carrières de boues de dragage et de lavage des granulats. Une équipe de chercheurs a mis en évidence un dispositif expérimental sur des échantillons de boue de lavage. La fraction argileuse de cette boue est une bentonite. Par conséquent, cette boue est très active, car elle possède une grande capacité d'échange (cec). La teneur en eau pondérale initiale est d'environ 40 %.

Le dispositif expérimental employé est constitué de :

- deux types de cellules parallélépipédiques avec des électrodes,
- des tensionmètres (capteurs de pression intertitielle),
- des pHmètres, des électrodes de mesure de la chute de la tension dans l'échantillon.
- des thermocouples et une pompe péristaltique pour récupérer l'eau déplacée vers la cathode par l'électro-osmose.

L'essai a permis de constater que l'échantillon en question est « électro-osmosable ». L'apparition de l'eau à la cathode est pratiquement immédiate après l'établissement du courant électrique. L'essai est contrôlé en imposant une intensité électrique d'environ 50 mA, ce qui correspond à un gradient d'environ 1 V/cm.



Ces résultats démontrent l'efficacité de la méthode. De plus, à l'échelle mondiale plusieurs centres de recherches explorent ces domaines.

### Tension de l'eau du sol (Watermark)

([http://www.agroressources.com/agriculture/irrigation/sonde\\_watermark.php](http://www.agroressources.com/agriculture/irrigation/sonde_watermark.php))

Le procédé Humi-stop est pluridisciplinaire. L'assèchement du sol au moyen de ce procédé s'applique dans différents domaines : la viticulture, l'arboriculture, les terrains de sport ou dans des zones de glissements de sols pour protéger des maisons. Au cours d'un suivi cultural viticole, nous avons comparé l'assèchement du sol dans deux zones d'une vigne. Une zone était soumise à l'électro-osmose passive et l'autre non. Des sondes « watermark » ont été placées dans le sol pour suivre l'évolution de l'assèchement. Dans chacune des zones, deux sondes sont placées : l'une à 50 centimètres dans le sol et l'autre à 80 centimètres.

Dans les deux cas (à 50 centimètres comme à 80 centimètres), nous constatons une différence de tension (voir tableau No 1). La tension est plus élevée dans la zone où la vigne est soumise à l'électro-osmose, donc il y a moins d'eau.

	<b>Cerclée</b> <b>C - 50</b>	<b>Cerclée</b> <b>C - 80</b>	<b>Non cerclée</b> <b>C - 50</b>	<b>Non cerclée</b> <b>C - 80</b>
28.06.2006	16	41	13	34
29.06.2006	11	17	14	33
30.06.2006	10	14	15	32
01.07.2006	10	15	15	31
02.07.2006	14	20	17	33
03.07.2006	17	27	18	34
04.07.2006	20	35	19	35
05.07.2006	23	42	20	35
06.07.2006	24	47	20	35
07.07.2006	26	50	21	36
08.07.2006	27	54	23	37
09.07.2006	28	56	24	37
10.07.2006	31	62	26	39

**Tableau 1** Assèchement du sol (une zone cerclée correspond à un assèchement par électro-osmose passive. Plus le chiffre est élevé plus le sol est sec. Il est intéressant de relever que le phénomène d'assèchement est plus prononcé en profondeur.

### De l'expérience

Après de nombreuses années d'exploitation, le procédé **Humi-stop** a fait ses preuves. Les nombreux résultats obtenus, également au-delà des frontières, ne sont plus à démontrer. De nombreux corps de métiers (architectes, conservateurs des monuments historiques, ingénieurs, médecins, maçons, viticulteurs...) ont eu l'occasion d'observer l'assèchement durable de leur sol et de leurs bâtiments sitôt le procédé installé.

Il nous tient à cœur de préciser que ce procédé est sans effet secondaire. Il rentre dans le cadre du Développement Durable car il respecte totalement l'environnement et n'engendre aucune pollution électromagnétique ou chimique.

Pour les Monuments Historiques, il présente entre autres avantages, celui d'être réversible à 100% et de pouvoir assainir un bâtiment sans toucher à son gros-œuvre. Il s'est révélé être un atout précieux dans la restauration des peintures murales.

## Références Bibliographiques :

- J.-L. Aurault, T. Strzelecki, on the electro-osmotic flow in saturated porous media, Int. J. Engrg. Sci. 19 (1981) 915-928
- T. Lemaire, C. Moyone, D. Stemmelen, M.A. Murad, Electro-chemo-mechanical coupling in swelling clays derived by homogenization : electrivisions effects and Osanger's relation, in J.L. Aurault, et al. (Eds). Proceedings of the Second Biot Conférences on Poromechanics, Balkema, 2002, pp. 489-494.
- O. Storeman, B. jonsson, Electro-osmosis : velocity profiles in different geometries with both temporal and spatial resolution, J. Phys. Chem. 105 (23) (1996)
- K. Beddiar, Sur certains aspects de couplages dans les milieux poreux électrisé, Application à l'électro-osmose dans les argyles, Thèse de Doctorat de l'Ecole nationale des Ponts et Chaussées, 2001
- J.C. Bénét, Contribution à l'étude thermodynamique des milieux poreux non saturé avec changement de phase. Thèse de doctorat d'Etat de l'Université de Sciences et techniques du Landoc. Académie de Montpellier, 1981.
- L. Casagrande, Electro-osmosis stabilization of soils, J. Boston Soc. Civ. Engrg. 39 (1) (1949) 51-83.

## TABLE DES MATIERES

<b>L'ÉLECTRO-OSMOSE PASSIVE .....</b>	<b>1</b>
<b>L' ASSÈCHEMENT D' UN BÂTIMENT.....</b>	<b>1</b>
<i>Introduction .....</i>	<i>1</i>
COMMENT L'EAU EST-ELLE PRÉSENTE DANS LES MURS ? .....	2
<i>Les eaux d'infiltration.....</i>	<i>2</i>
<i>L'eau de la condensation.....</i>	<i>2</i>
<i>L'eau de la remontée capillaire.....</i>	<i>2</i>
<i>L'électro-osmose .....</i>	<i>2</i>
<i>L'électro-filtration .....</i>	<i>3</i>
COMMENT FONCTIONNE UN SOL ET D'OU VIENNENT LES CHARGES ELECTRIQUES .....	3
<i>Le sol et ses constituants.....</i>	<i>3</i>
<i>Les solides.....</i>	<i>3</i>
<i>Les fluides.....</i>	<i>3</i>
<i>Un sol sain.....</i>	<i>3</i>
<i>Un sol à problème.....</i>	<i>4</i>
LA DÉGRADATION DES SOLS .....	4
<i>La dissolution .....</i>	<i>4</i>
<i>L'hydratation.....</i>	<i>4</i>
<i>L'hydrolyse .....</i>	<i>4</i>
LES SOLS HYDROMORPHES ET LES LIMITES DE L'EFFICACITE D'UN RESEAU DE DRAINAGE .....	5
LE PASSAGE DE L'EAU DU SOL AUX MURS DES BATIMENTS .....	5
<i>Des conditions de stockage douteuses .....</i>	<i>5</i>
<i>L'eau excédentaire peut provenir d'une autre parcelle.....</i>	<i>6</i>
<i>Les fortes humidités des murs proviennent des sols hydromorphes.....</i>	<i>6</i>
<i>Une preuve si nécessaire .....</i>	<i>6</i>
LE PROCÉDE HUMI-STOP .....	6
<i>Principe du procédé Humi-Stop .....</i>	<i>7</i>
<i>Utilisation de couplage thermo-électro-mécaniques .....</i>	<i>7</i>
<i>Tension de l'eau du sol (Watermark).....</i>	<i>8</i>
<i>Tableau 1 Assèchement du sol (une zone cerclée correspond à un assèchement par électro-osmose passive. Plus le chiffre est élevé plus le sol est sec. Il est intéressant de relever que le phénomène d'assèchement est plus prononcé en profondeur. ....</i>	<i>8</i>
<i>De l'expérience.....</i>	<i>8</i>
<b>TABLE DES MATIERES .....</b>	<b>9</b>