

Plantations urbaines, étude de cas l'important c'est la fosse !



L. Chabbey, M. Schaller, P. Boivin,
Filière Agronomie Sols et substrats

La tensiométrie dans le concept de plantation

Plantation d'un arbre en milieu urbain, 4 étapes :

- 1. Etude préalable du site de plantation
 - Historique
 - Pédologique
- 2. Elaboration du concept de plantation
- 3. Suivi de chantier
- 4. Suivi de la reprise des arbres

Tensiomètre étape 4
suivi sur 3 ans



4 étapes





«Actuellement, c'est dans l'air du temps de parler de développement durable et d'opération « croque-béton » dans les villes.

Le discours général est que les villes deviennent perméables. Mon constat est inverse et j'aimerais lancer un cri d'alerte. Tous les jours, suite à de multiples chantiers, des fosses se creusent dans la ville, systématiquement purgées et les matériaux évacués.

À la place, on rebouche ces fosses avec des matériaux inaptes à la croissance racinaire (densité apparente trop élevée et matériaux minéraux graves de type 1 et 2 voulues par le génie civil).

À ce rythme, dans 50 ou 100 ans il n'y aura plus d'espace en ville sous nos pieds où une racine pourra se développer. Imaginez une minute une ville sans végétation ! ... Quelles conséquences ? Quelle biodiversité ? Quel sera le climat, l'état psychique des habitants ?

Mon souhait est que cette plaquette puisse lancer des ponts entre tous les acteurs qui interviennent sur les sols urbains, (génie civil, urbanistes, architectes du paysage, collectivité publique et société civile).» http://www.soil.ch/index_f.html

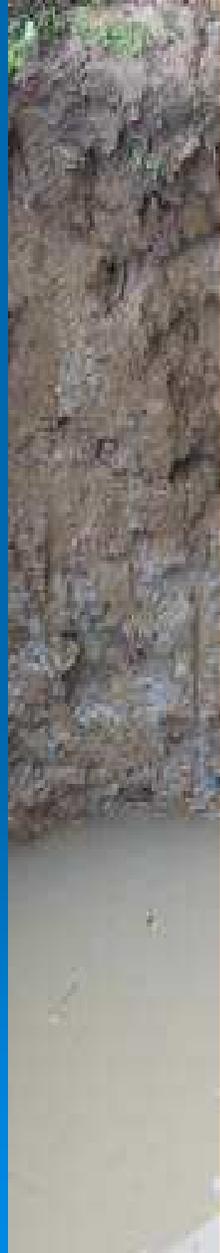
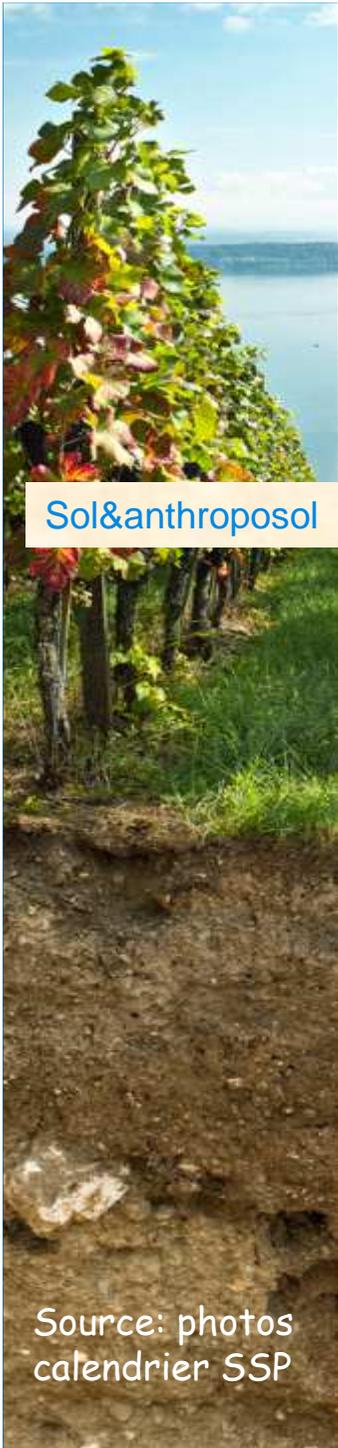
Le sol urbain
Sol de l'année 2013

Informations supplémentaires:
www.boden-des-jahres.ch

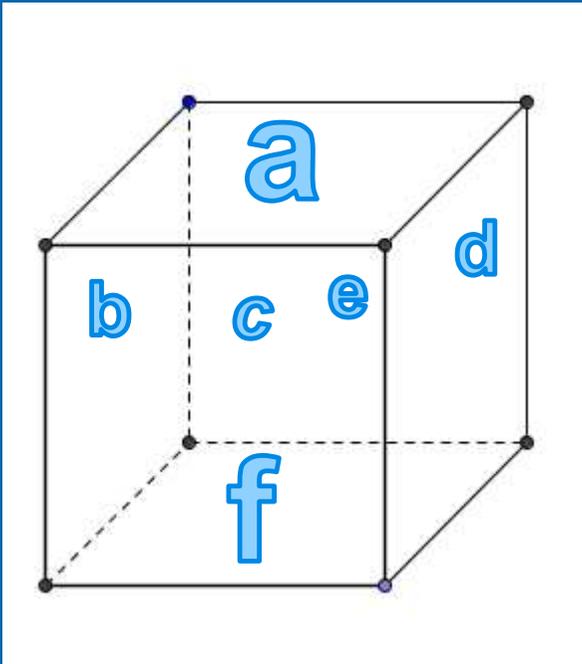


BODENWÜNDLICHE GESELLSCHAFT SCHWEIZ
SOCIÉTÉ SUISSE DE PÉDOLOGIE
SOCIETÀ SVIZZERA DI PEDOLOGIA
SOIL SCIENCE SOCIETY OF SWITZERLAND

Sol des villes - sol des parcs « Les anthroposols et technosols »



➤ Cloisonnement des fosses de plantation de 0 à 6 côtés



a surface = cycle du C et N, matière organique, perméabilité, échange atmosphère O_2 CO_2 H_2O

b c d e = possibilité de progression racinaire

f = fond de fosse, possibilité de progression racinaire, stabilité, alimentation hydrique et minérale du végétal

Si fermé différentes causes, béton, grave, horizon compacté ou imperméable



- Horizons surprises , perméabilité, densité apparente, porosité ?, l'aubaine du potier
- (fonction sol matière première)



➤ Voyage au fond de la fosse



Fermé sur 6 côtés malgré les ouvertures

Pas de racine en profondeur

Dimension fosse $1.3\text{m} \times 1.65\text{m} \times 2.45\text{m} = 5,2 \text{ m}^3$

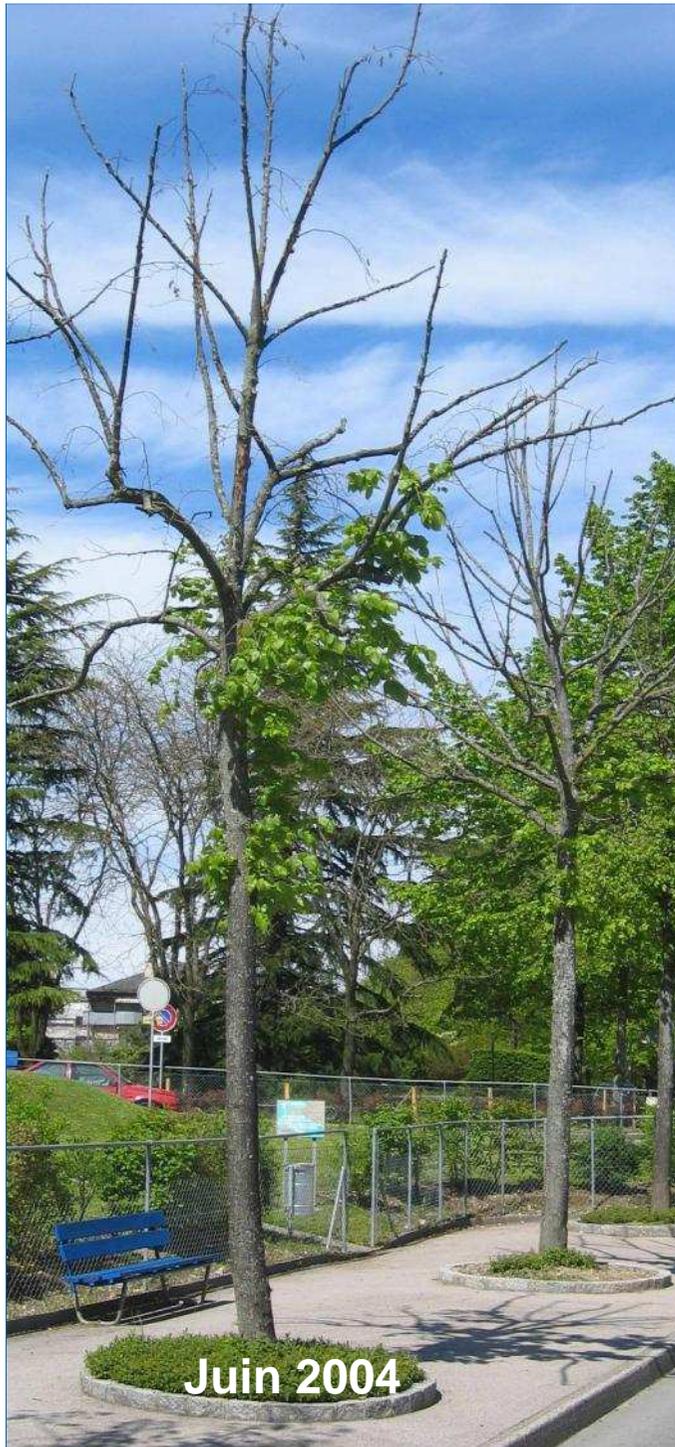
Directive DGNP minimum 9 m^3

Densité apparente hors fosse $1.58 \text{ à } 1.75 \text{ g/cm}^3$

Directive DGNP maximum $1,4 \text{ g/cm}^3$

Porosité $34 \text{ à } 40\%$

Directive DGNP supérieur à $45\% \text{ volume}$



Juin 2004



Août 2016
39 arbres

Avenue Adrien
Jeandin-Thônex

Tilia europaea
'Pallida'

2004 fosse
minimale ~ 3m³
Fermée sur 5
côtés

Maintenant fosse
continue > 10 m³
tranchée continue
Fermée sur 2
côtés

Grossissement 1^{ère}
année 1.3cm
Circ. 33.9cm
Circ. nov. 35.2cm

Répercussions économiques

L'étude du sol avant concept de plantation est elle justifiée ?

Un double alignement de marronniers plantés en 1890 doit être remplacé pour des questions de sécurité.

Un projet de remplacement voit le jour, il prévoit la plantation de 44 marronniers.

Le concept de plantation prévoit la creuse des fosses, l'évacuation des matériaux et leurs remplacements par de la terre végétale, le budget prévisionnel est accepté, le montant est de 224'000 CHF.

Après étude pédologique du site de plantation, il s'avère que les matériaux du site sont de qualité suffisante pour permettre la replantation.

Le montant final des travaux s'élève à 180'000 CHF; l'étude pédologique et les analyses de sol ont fait économiser 44'000 CHF sur ce chantier de replantation.

Economie circulaire, recyclage des matériaux

Etude pédologique avec analyses des sols ~ 1'700 à 4000 CHF

Suivi d'une replantation de marronniers

Campagne Sarasin - Gd Saconnex Ge



Allée de marronniers peu après la plantation en 1890

Replantation de marronniers
Aesculus hippocastanum 'Baumannii'
à la campagne Sarasin



9 décembre 2005



Allée de marronniers juin 2005
Avant abattage

Abattage, 15 juin 2005 suite à des problèmes de statique



Sujet de 115 ans



Replantation un côté face fermée

Cinq côtés ouverts

Profil de sol

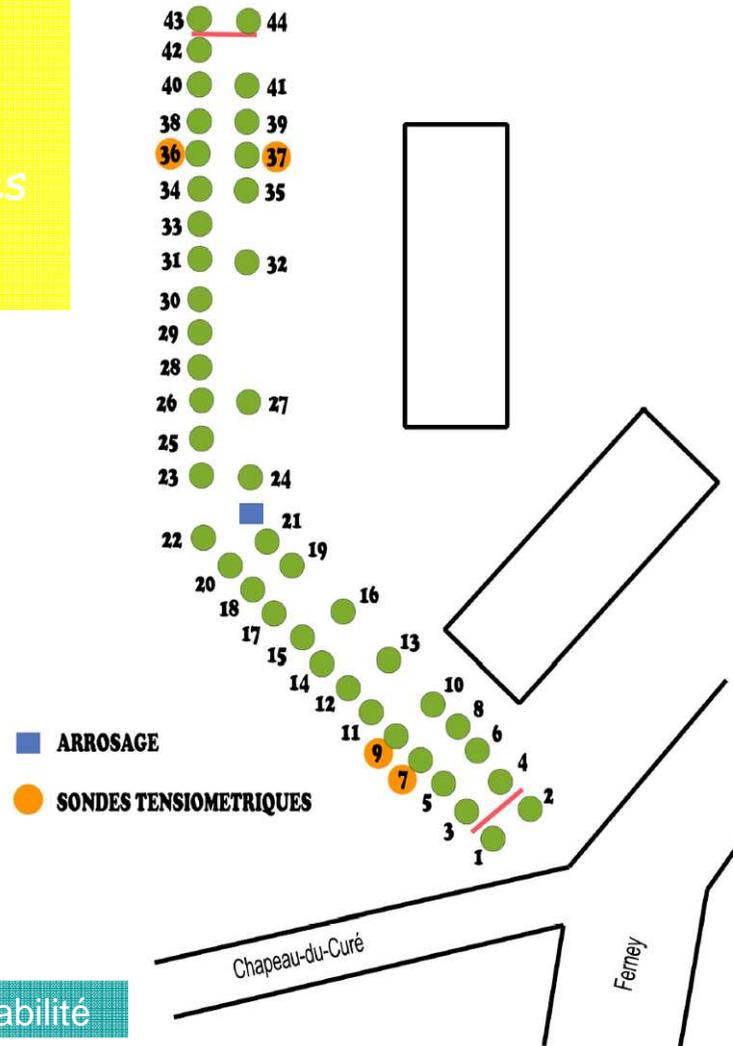


ARCHITECTES PAYSAGISTES

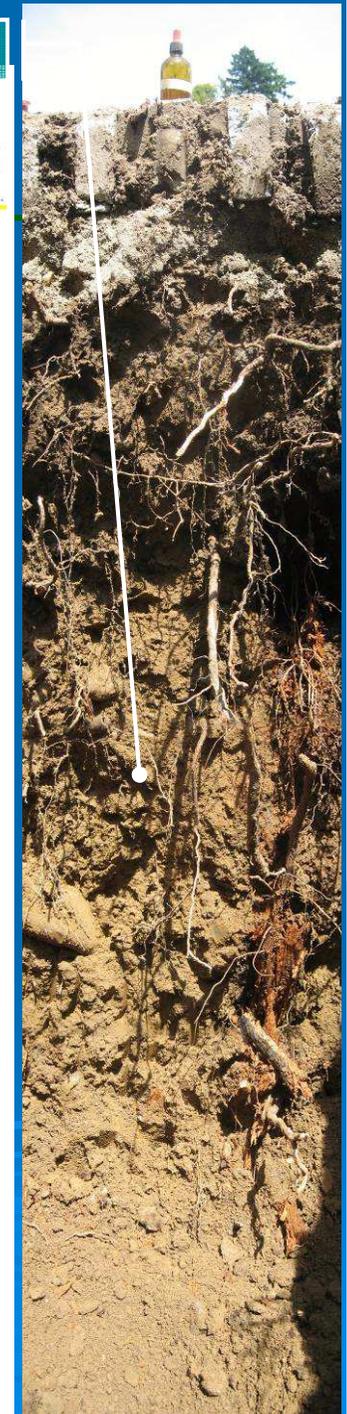
159/160 rte de Ferney SCHEMA DE SITUATION DES ARBRES

Edouard Sarasin

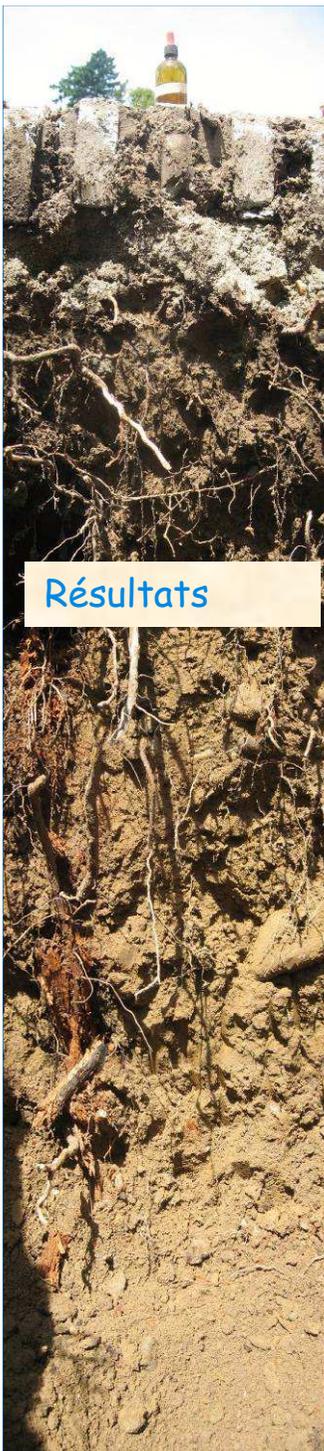
- 1) Etude du site de plantation
- 2) Concept de plantation
- 3) Suivi de chantier
- 4) Suivi de la reprise des arbres



Mesure de perméabilité



Grand-Saconnex Marronnier *A. hippocastanum* 'Baumannii'



Résultats



15 août 2006

6 août 2007

19 août 2008

9 août 2009

Plantation décembre 2005

Grossissement des troncs en cm (circonférence à 1m)

Arbres n=44	09.12. 2005	26.10. 2006	15.11. 2007	15.12. 2008	15.12. 2009	Grossis. 2006	Grossis. 2007	Grossis. 2008	Grossis. 2009
Moyenne	30.7	31.9	36.6	40.3	42.2	1.2	4.7	3.7	1.9
Ecart	1.4	1.6	2.2	2.9	2.9	0.8	1.4	1.2	0.9

Force 25-30 = 1455.- / arbre

Valeur patrimoine arboré 2005 = 64'000.-

40-45 = 3395.- / arbre

2009 = 150'000.-

Nombre d'arrosages & grossissement & doublement de circonférence



15 août 2006



6 août 2009

année	2006	2007	2008	2009
nombre d' arrosages	7	6	6	0
m ³ d'eau par arbre	2.1	1.5	1.62	0

Rte de Ferney planté en décembre 2005 les 44 *Aesculus hippocastanum* de force 30.7 cm mesurent 61,7 cm en novembre 2014, ils leur a fallu 9 saisons de croissance **69 61.7 cm**

Tram Lancy 35 Tulpiers plantation avril 2006

Liriodendron tulipifera

Fosse deux faces fermées, face a connecté (cycle du carbone & activité biologique) face f perméable et nappe perchée en profondeur (-3 à -6 m selon l'emplacement sur l'alignement)
Fertilité chimique demande de fertirrigation pas nécessaire



Tram Lancy Tulipier plantation avril 2006 *Liriodendron tulipifera*

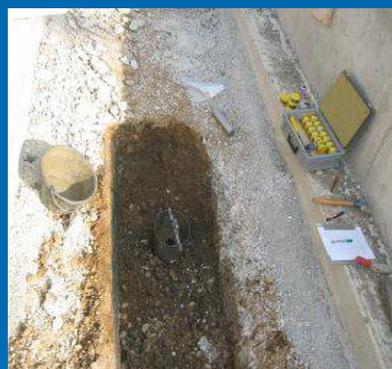


31 août 2006

6 août 2007

14 août 2008

6 août 2009



Grossissement des troncs en cm (circonférence à 1m)

Arbres n=35	29.04. 2006	28.11. 2006	8.11. 2007	8.11. 2008	15.11. 2009	Grossiss. 2006	Grossiss. 2007	Grossiss. 2008	Grossiss. 2009
Moyenne	40.8	40.9	43.7	49	57.3	0.1	2.8	5.3	8.3
Ecart	3	2.8	2.4	2.5	3.4	0.6	1.1	1.7	2

35-40 = 3'590.- max BAA 45-50 5'700.- 55-60 = ? novembre 2014 82,2 cm doublé la circonférence en 9 ans G9

Photos G. Lecoultre F. Lamy

Conche Prunus serrulata 'Kanzan' (suivi de chantier « sol ») 4 côtés libres



Conche Prunus serrulata 'Kanzan' (plantation 28 mai 2006)

10 août 2006



27 août 2007



14 août 2008



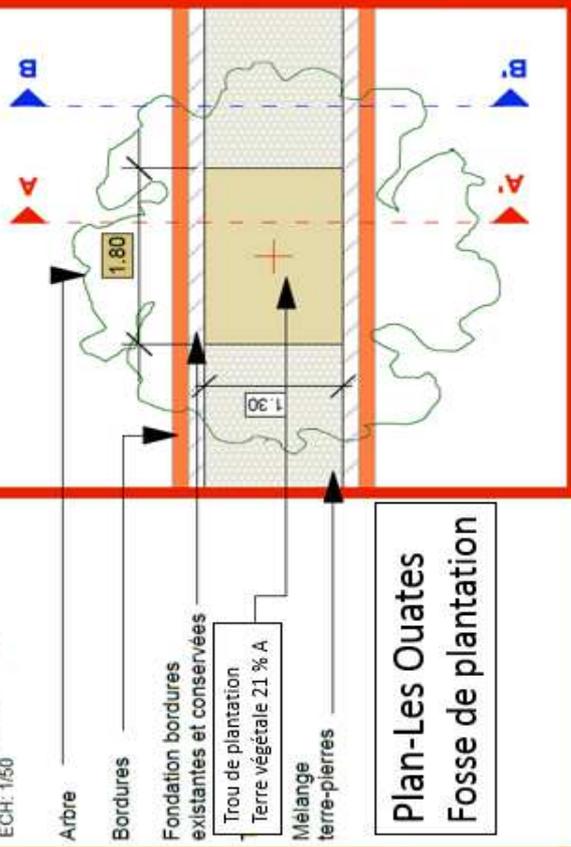
Arbres n=6	01.05.2006	08.11.2006	13.11.2007	15.11.2008	15.11.2009	Gross. 1er	Gross. 2em	Gross. 3em	Gross. 4em
Moyenne	39.5	40.8	45.1	49.4	53.6	1.3	4.3	4.3	4.2
Arrosage	Nb Q	9-2.7m ³	12-4m ³	4-1.2m ³	0-0m ³				
	35-40 = 2'615.-		50-55 = 5'290.-						

Pour doubler ils doivent mesurer 79cm, en 2016 deux arbres mesures 82cm et la moyenne est de 74,2cm
Ils vont doubler en 2017 ou 2018 soit G11 à G12

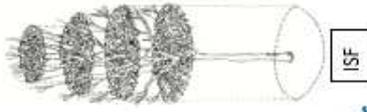
- En avril 2006, 36 Ormes *Ulmus hollandica* 'Lobel', provenant tous de la même pépinière (force 30-35 cm, mesure de la circonférence du tronc à 1 m de hauteur) ont été plantés sur deux chantiers de replantation en milieu urbain sur le canton de Genève.
- Un suivi hydrique durant les trois premières années par méthode tensiométrique a été effectué. Les seuils de déclenchement de l'irrigation sont pareil sur les deux chantiers.
- Les sols mis en place sont des «Limon» dans le triangle des textures de la SSP (A 21%, U 30% et S 49%), par contre le volume de sol utile par arbre est différent.
- Les 16 Ormes plantés sur une berme centrale à Plan-Les-Ouates bénéficient de 4,2m³/arbre; les 10 Ormes plantés sur le chantier du tram Lancy de 9m³/arbre.
- Le suivi annuel du grossissement des troncs, qui est la meilleure façon d'obtenir une réponse biologique du végétal, démontre clairement l'importance des volumes de fosses de plantation en milieu urbain.

Taille des fosses, réserve en eau, consommation en eau de l'arbre et autonomie de l'arbre.

DETAILS D'ENCADREMENT
DES ARBRES:
ECH: 1/50



Plan-Les Ouates
Fosse de plantation



Calcul de consommation en eau de l'arbre

ISF x surface au sol m^2 x perte d'eau l/j/ m^2 de feuille

Avec:

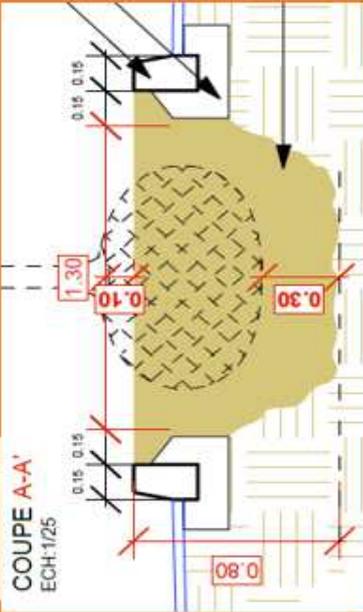
ISF=indice de surface foliaire m^2 de feuille/ m^2 de sol = 4

Perte d'eau=1,1 l/ m^2 de feuilles/Jour (stomates ouverts)

rayon de la couronne = 2m

Surface sol = $\pi \times r^2 = 3,14 \times (2m)^2 = 12.6 m^2$

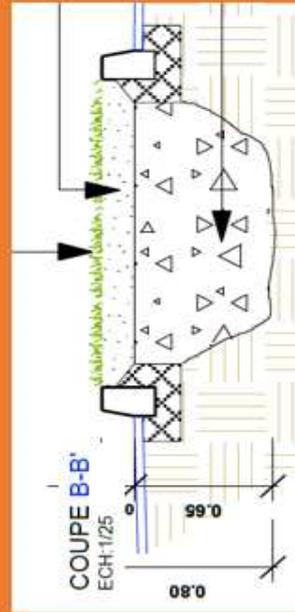
4 x 12.6 m^2 x 1,1 litres/ m^2 de feuilles/Jour = 55 litres/jour



Trou de Plantation
Terre végétale 21 % A

Terre végétale 21 % A

Mélange terre-pierre pour la portance.
65% pierre concassée calcaire 40/80mm,
35% terre végétale



Plan-Les-Ouates, volume de sol exploitable par les racines

Terre végétale = 130cm x 180cm x 80cm = 1,8 m^3

Terre-pierre = 130cm x 65cm x 500cm / 3 = 1,4 m^3

Terre végétale de surface = 130cm x 15cm x 500cm = 0.975 m^3

Total = 1,8 m^3 + 1,4 m^3 + 0,975 m^3 = 4,175 m^3

Capacité de rétention en eau à Pf 2 = ~ 12% vol sol = 501 l

Autonomie de la plantation = 501 l / 55 l/j = ~ 9 jours

Lancy, volume de sol exploitable par les racines

Terre végétale = 280cm x 320cm x 100cm = 9 m^3

Capacité de rétention en eau à Pf 2 = ~ 12% vol sol = 1080 l

Autonomie de la plantation = 1080 l / 55 l/j = ~ 20 jours

Sur Genève le retour des pluies est d'environ 20 jours.

Pour qu'une plantation soit pérenne il faut viser des autonomies en fonction du volume de sol de 20 jours.

Plan les Ouates et Lancy, *Ulmus x 'Lobel'* issus de la même pépinière, plantés en même temps



Grossissement 2010
 Plan-les Ouates 1.2cm +/-0.6
 Lancy 4.3cm +/-1.1



P.L.O. Lancy
 3 côtés ~ ouvert 4 à 5 côtés ouverts
 4 m³ de terre 9 m³ de terre

PLO n=16	01.04. 2006	08.11. 2006	Grossis. 2006	15.11. 2007	Grossis. 2007	15.11. 2008	Grossis. 2008	9.12. 2009	Grossis. 2009
Moyenne cm	35.1	36.2	1.2	37.1	0.8	38.0	0.9	40.3	2.3
Ecart	1.9	1.7	1.0	1.9	1.0	1.8	0.6	2.1	0.7

Comparaison du grossissement avec le tram Lancy (fonction du volume de fosse)

Lancy n=10	29.03. 2006	28.11. 2006	Grossis. 2006	8.11. 2007	Grossis. 2007	8.11. 2008	Grossis. 2008	8.11. 2009	Grossis. 2009
Moyenne cm	33.4	34.1	0.8	39.9	5.8	45.2	5.3	51.9	6.7
Ecart	2.1	2.3	0.8	1.6	0.8	1.5	0.7	2.3	1.4

Comparaison volume des fosses & Autonomie de la plantation

Plan-les-Ouates (en 9 ans 35cm → 47cm) +12cm, soit 1,3 cm par an

Autonomie de la plantation 9 jours

Lancy (en 9 ans 33cm → 69cm) +36cm, soit 4 cm par an - 69

Autonomie de la plantation 20 jours

➤ Cette différence de croissance entre les deux sites (+ 250% pour Lancy) est due au volume des sols et donc à la quantité d'eau disponible pour le végétal.

➤ Si l'on compare la valeur du patrimoine arboré, sans parler des services écosystémiques rendus par les arbres; selon le catalogue Bourse aux arbres BBA, un Orme de force 30-35 cm est estimé à 1495.- Frs. La classe 45-50 cm à 2695.- Frs (Plan-les-Ouates), et la classe 55-60 cm à 5265.- Frs. Les arbres de Lancy sont hors norme (68.8 cm).

➤ Les gains du patrimoine arboré pour les collectivités et les services écosystémiques rendu devraient être mis en avant pour démontrer l'importance des volumes de fosses de plantation.

L'important c'est la fosse

Prix des fosses et nécessité ?, ouverture sur combien de côtés ?



Sol des villes - suivi de chantier « Anthrosoles & Technosols »



Plaine de Plainpalais

Début étude de sol le 9 février 2009



Plainpalais Etape 2 - préparation des mélanges & mise en place



Pas rouler sur les tas! C'est possible



Bâcher contre
la pluie
+ contrôle
humidité



Mise en place
Par couche
de 30cm
roulage



Mise en place
Henri-Dunant mélange
terre pierre avec gravier
rond 40-70mm



Bâche de protection
contre la pluie avant
plantation sur les 4 m²
de terre végétale

Recherche des piézomètres indicateur de la hauteur de la nappe



Il est primordial de prendre en compte cette nappe pour assurer à long terme l'alimentation hydrique des arbres.

Lors de l'élaboration du concept de plantation, il faudra tout faire pour assurer la disponibilité de cette nappe pour les racines des arbres, le platane de la place du cirque est un bon révélateur de cet état de fait, cet arbre emblématique s'alimente directement dans la nappe et peut transpirer jusqu'à 2000 litres d'eau par jour au mois de juillet.

Economie de la récupération de matériaux sur étape 2-3

Économie circulaire recyclage des matériaux

Type de matériaux	Quantité potentielle en m ³
Terre végétale	1000
Sous-couche arable	490
Gravier 40-90 mm	440

Fabrication terre pierre	Cout/m ³
Pierre 40-70mm	57.-
terre	17.-
mélange	6.80.-
Mise en place & compactage	17.70
total	97.70.-

Fabrication mat. recyclé	Cout/m ³
Pierre 40-70mm	0.-
terre	0.-
mélange	6.80.-
Mise en place & compactage	17.70
Tris des alluvions	15.-
total	39.50.-

Etape 3 1200 transports de camion à la place de 2000 = économie environnementale 800 transports

Sans compter sur les économies de taxe de mise en décharge sur les matériaux récupérés



Source: photos
calendrier SSP

Plaine de Plainpalais Mélange terre pierre avec du rond ?

Terre pierre avec concassé
ou alluvionnaire 40-70mm
Vol. des vides 36% rond, 44% concassé

Comparaison Volume des vides dans le mélange terre pierre 40-70mm alluvionnaire ou concasser



Volume des vides 36%

Volume des vides dans le mélange terre pierre 40-70mm alluvionnaire = 36%



Volume des vides 44%

Volume des vides dans le mélange terre pierre 40-70mm concasser = 44%

Test de portance Me1 & Me2
SN 670'317b



28 septembre 2011
Travail d'information



Il y a 10 ans, à Carouge

www.cille-geneve.ch

En choisissant des essences bien adaptées
au milieu urbain et au climat

orme
chêne
micocoulier
cerisier
tilleul



Pour mieux protéger les arbres

Plusieurs protections autour des troncs
Aménagement végétal
Protection des racines et du sol
Protection des branches basses



Standard suisse
des arbres de rue
12 autres arbres de la police
et de l'administration communale

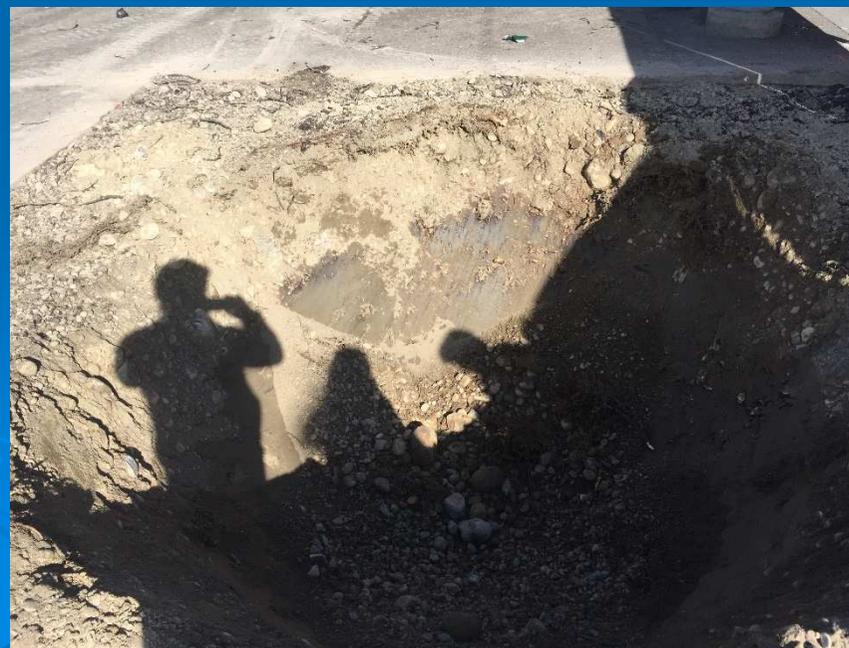


Le fait ?
C'est de protéger les arbres
qui nous donnent
une qualité de vie



Le fait ?
C'est de protéger les arbres
qui nous donnent
une qualité de vie

Plainpalais - printemps 2017 arrachage des marronniers en vue de replantation



Plantation de charmilles. Sol reconstitué, volume des fosses ~ 3,4m³, 5 à 6 côtés fermés - D. app. Mesurée 1,6 et porosité 40% vol.



Nécrose
corticale
orientée
échaudure



Autonomie de la plantation 5 jours
Inutile de planter d'autres essences, il faut recréer des sols

Technosol reconstitué nombre de côtés ? D. app.

Mortisol ? Ou technosol mortique?



h1

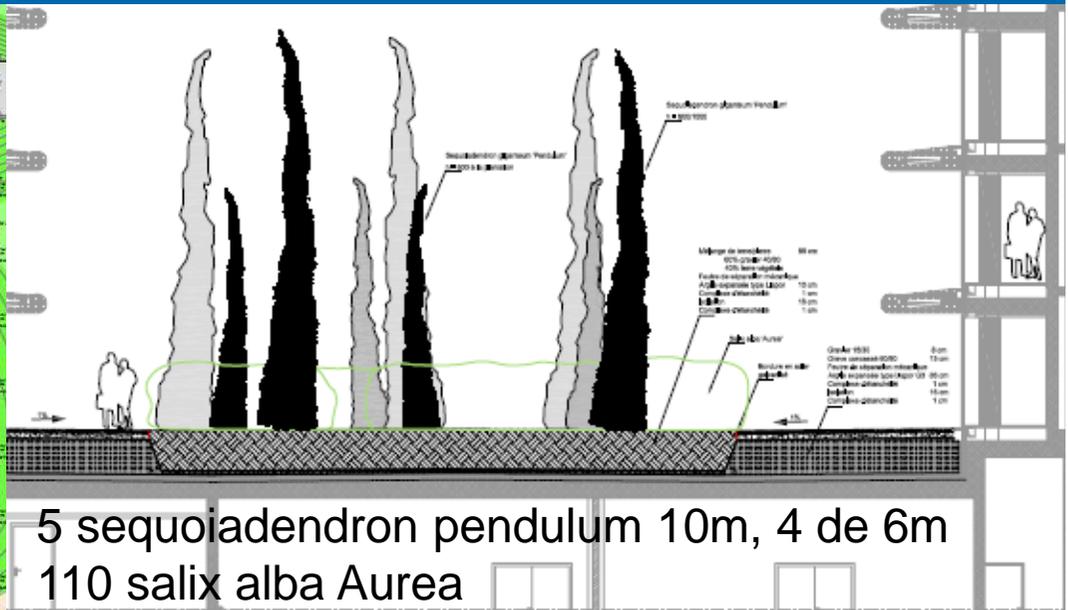
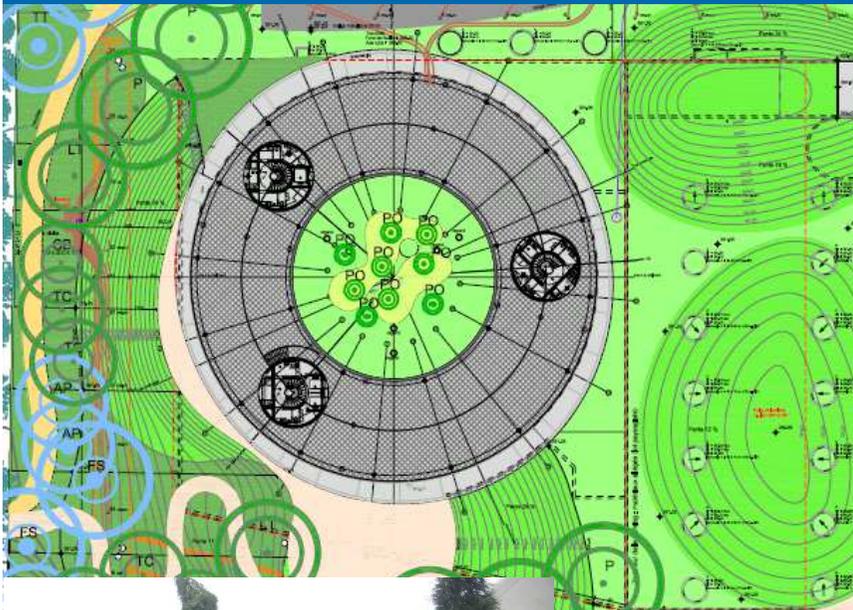
h2

natte géotextile

h3

dalle béton

Siège de l'UEFA à Nyon - fosse ouverte sur 1 côté - concept terre pierre ?



Calcul consommation eau 918 l/j
Volume de sol 78 m³

Autonomie plantation:
Terre pierre 3,4 jours
Terre 10,3 jour

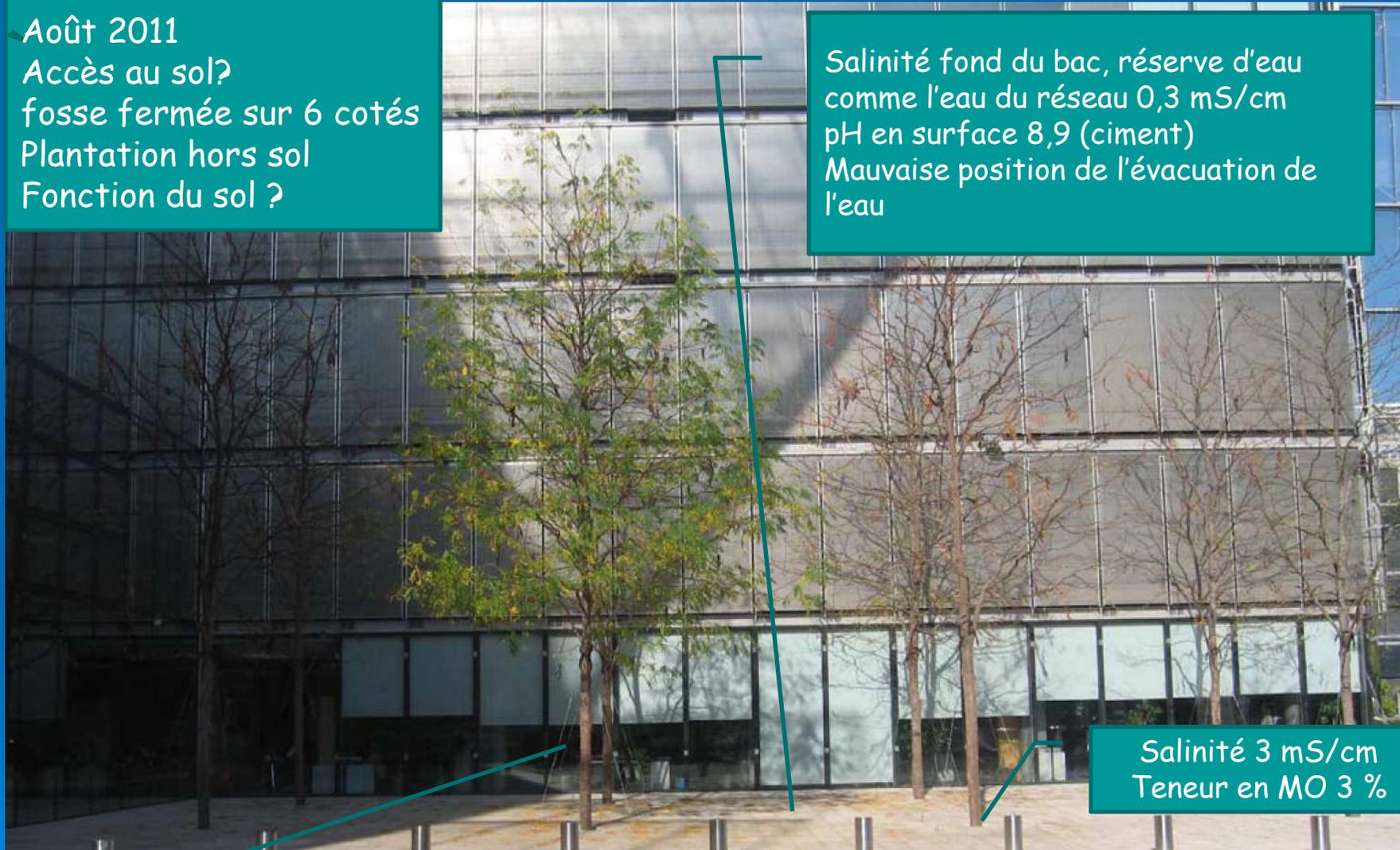
Un coup de tél pour changer le concept de plantation

Autonomie jamais... Du job et des coûts

Merks serono Campus Biotech alignement de Gleditsia

Août 2011
Accès au sol?
fosse fermée sur 6 cotés
Plantation hors sol
Fonction du sol ?

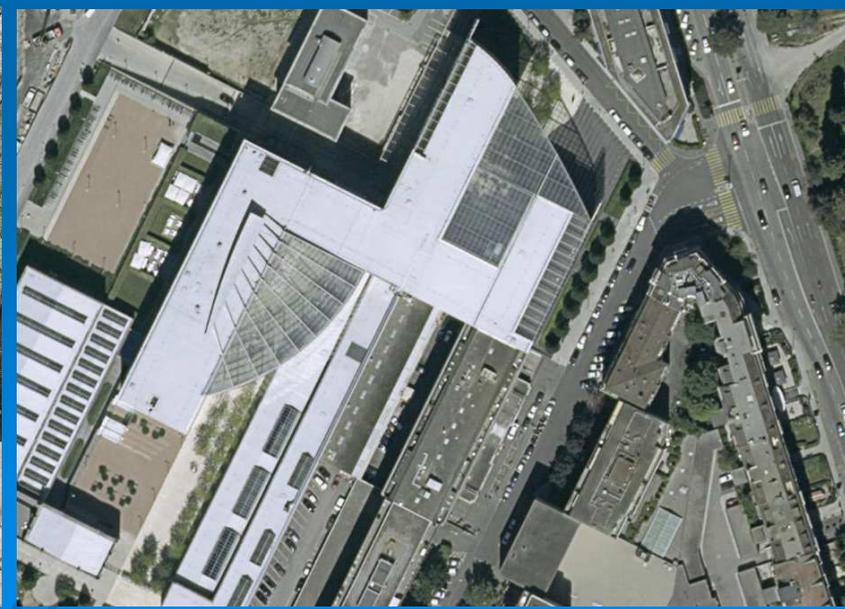
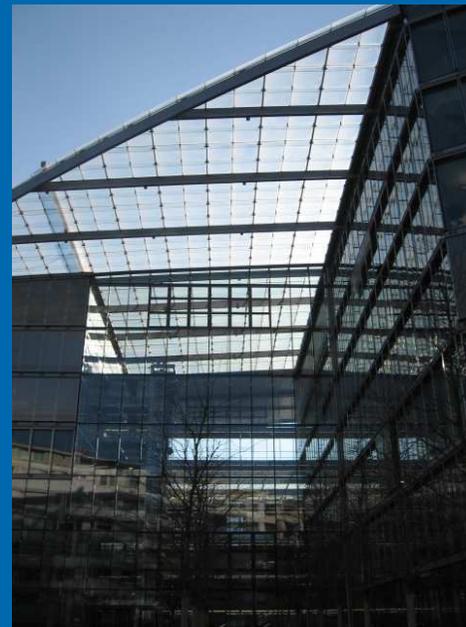
Salinité fond du bac, réserve d'eau
comme l'eau du réseau 0,3 mS/cm
pH en surface 8,9 (ciment)
Mauvaise position de l'évacuation de
l'eau



Salinité 3 mS/cm
Teneur en MO 3 %

15 ans après plantation, l'haubanage est toujours présent

Comment rattrapé des erreurs de conception

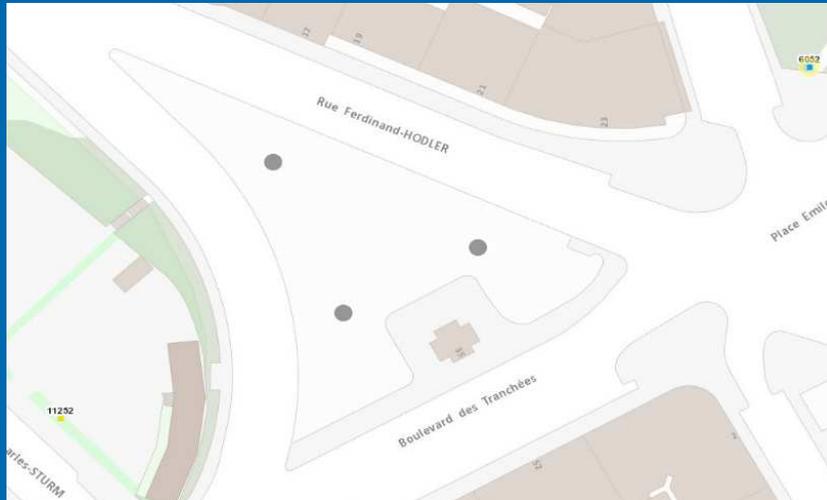


Merks Serono Campus Biotec alignement de *Gleditsia*

Grossissement moyen, Circonférence du tronc à 1m, 0,8 cm 2012 et 2,2 cm en 2013



2017 expertise pédologique en vue d'une plantation de *Pinus pinea* sur la place Emile-Guyenot 6 côtés ouverts



Concept de plantation :
creuser des fosses de 4 m³ et atteindre au minimum 1 m de profondeur.

Décaper la terre végétale et la sous couche.

Ces terres seront entreposées sur place.
Eviter des transports inutiles et limiter les risques de compaction.



Réaliser ces travaux en conditions sèches (voir directive cantonale)

Apport de compost 30% volume
but augmentation de la fertilité chimique, physique (baisse D. app., augmentation de la perméabilité et de la capacité de rétention en eau) et de la fertilité biologique des sols.

Parmi les sept fonctions du sol, faites votre choix

- 1) Nourriture
- 2) Filtre pour l'eau, réguler les inondations.
- 3) Le sol participe aux cycles des éléments nutritifs
- 4) Biodiversité souterraine est supérieure à celle qui se trouve en surface.
- 5) Le sol participe au cycle du carbone en stockant et en rejetant le carbone dans l'atmosphère.
- 6) Support pour les bâtiments et les infrastructures
- 7) Le sol est aussi le témoin de notre histoire (fouilles archéologiques).





➤ Conclusions

Le premier facteur de réussite pour la reprise des arbres en milieu urbain réside dans la possibilité de répondre à la demande hydrique de l'arbre, le plus longtemps possible en période de croissance, C.A.D. taille de la fosse, ouverture & volume.

L'avenir des arbres en milieu urbain dépend de l'énergie et de la volonté de créer des sols fonctionnels et de volume suffisant dans nos villes, pour faire face au réchauffement climatique et pour le bien être des habitants.

Il faut changer les habitudes et comportements, être conscient de la raréfaction des ressources, lutter contre le gaspillage des matériaux et leurs transports.

Passer de la théorie à la pratique, développement durable, économie circulaire, cercle vertueux et recyclage des matériaux terreux sur place.

Remerciements

- *Mes collègues A. Besson, P. Boivin, V. Guiné, M. Schaller, N. Freyre*
- *Plante-et-cité E. Amos, N. Orange*
- *CFPNE Lullier*
- *Etat de Genève. Direction générale de l'agriculture et de la nature , DGAN*
- *Ville de Genève SEVE, service de l'aménagement urbain*
- *CJB conservatoire jardin botanique de Genève*
- *DGGC service de la maintenance des routes cantonales*

- *Communes Genevoises, Cologny, Veyrier, Plan-les Ouates, Chêne-Bourg*

- *Villes: de Carouge, de Lancy, de Nyon, ville de Bâle, ville de Neuchâtel, Métropole du Grand Nancy*

- *Entreprises: Bocard Parc et Jardin S.A., Jacquet S.A., Joseph Menu S.A., léonelli S.A., Martin Paysage*

- *Bureaux: Gilbert Henchoz, Oxalis, Paysagegestion, Ecotec*

Source: photos
calendrier SSP