Construction du tunnel

- tranchée de 2 à 2.50 m profondeur et de 0.50 ou 0.60 m de large suivant pelleteuse
- c'est en fait un tunnel constitué de deux unités de 4 ml jointes bout à bout avec insufflation commune de l'air (d'où la longueur de l'ensemble 8 ml soit 4 ml par unité , pour éviter les pertes de charge au-delà de 5 à 6 ml)
- Pour une profondeur moindre (inférieure à 1m) on s'éloigne du principe inter-saisonnier pour se rapprocher du principe de plancher solaire direct , avec toutefois un déphasage encore intéressant , de l'ordre de 3 à 4 semaines
- 1 tunnel pour 25 à 30m2 au sol
- configuration optimale , 3m2 de capteur par tunnel dans le sud, 4 m2 dans le Nord de la France
- mettre une bande gravillonnée façon jardin "zen" en concassé de marbre de 1.20m de large devant tes capteurs inclinés 60° sur l'horizontale , de façon à augmenter l'albédo , appréciable à l'automne et en hiver
- le ventilateur doit toujours être placé **devant** l'entrée des tunnels et non après (de préférence le ventilateur doit travailler en insufflation , pas en aspiration)
  - ventilateur AVANT le stockage pour surpression dans les galets , évite de pomper l'humidité de la terre ou des gaz comme le radon
  - du fait de la légère surpression on évite de trop assécher la terre et on n'aspire pas les gaz tels que le radon
- la chaleur dissipée par le moteur du ventilateur sera absorbée (de même que le bruit) par les galets
- le polyane est mis par dessus les galets sauf au fond pour évacuer les condensats et une feuille de bidim enveloppe le tout (anti-contaminants, protection contre déchirure du polyane et anti-racines)
- une géomembrane (polyane noir 1000 microns (1mm) est fixée par planchettes de bois provisoires sur les parois verticales jusqu'à 1m de haut par rapport au fond de la tranchée
  - polyline HD 10/10 (1mm) noir (pehd)
  - Pondtex pour bassins (indéchirable, plus écolo)
  - Polyane: prendre de l'EPDM Firestone (1.15 mm à 1,3 mm épaisseur) (pour bassins de jardin) ou à défaut du polyane "300microns" en deux épaisseurs superposées
- on remplit de galets de rivière bien lavés (javellisés) sur 0.60m ~0.70m de hauteur
  - on peut utiliser du CR16 pour plus de sécurité
  - pour emboiter les tubes (correctement graissés),une personne s'assoie sur le premier tube,l'autre tape avec une massette sur un morceau de chevron positionné à l'extrémité du second tube,ça rentre tout seul.
    ne pas oublier de tracer au marqueur sur le premier tube l'endroit ou se positionnera le second tube emboité.
  - le PVC (polyvinyle de chloride)est réputé lâcher des COV tout le long de sa vie , le polypropylène ou le polyéthylène haute densité ,non , mais ces deux matières coûtent plus cher , reste les gaines double paroi comme l'Ambidur ou l'ECOPAL , les tubes grès pour les gaines avec raccord PEHD , les nouveaux tubes ciment vibré ..

    le point délicat est la confection des "collecteurs " fendus au contact des galets , en polypropylène au lieu de PVC CR8.
- on rabat sur les galets le polyane puis le bidim tout en veillant à ne pas endommager les tubes PVC ou PPE , et en enfilant des "collerettes" autour du tube jusqu'au contact du bidim/polyane comme complément d'étanchéité à l'air par rapport à la poussière
  - limite la contamination par les terres et racines sans freiner les transferts de chaleur air-terre
  - évacue les condensats par le bas (absorbés par la terre à travers le bidim)
  - le bidim se plaque au fond sous la pression des galets , et on peut poser les lés avec recouvrement de 20cm
- on remblaie avec précaution par dessus avec de la sabline sur 10 cms puis on termine avec la terre remblayée soigneusement compactée
- à un bout l'entrée d'air extérieure caisson filtre et ventilateur avec FILTRE à air (à nettoyer tous les 6 mois)
- à l'autre bout : sortie d'air qui a passé entre les galets vers l'habitat
- il est souhaitable de prévoir un by-pass tant est grande l'inertie de la terre pour que de l'air chaud en cas de plein soleil aille directement vers la maison sans passer par les galets (pour les journées froides d'hiver)
- on peut remplacer les tunnels à galets par des tuyaux en grès vitrifiés (soigner étanchéité)
- on peut rajouter un autre conduit au dessus du tunnel à galets qui servira pour le bypass
  - D150 à D100 pour le "direct" sous dalle et pour les dérivations verticales vers l'étage
- la surpression dans chaque tunnel est de l'ordre de 100 à 180Pa
- Longueur maximum de la tranchée entre 4 et 5ml , au-delà , les pertes de charge sont trop fortes (pour 5ml de tranchée : perte de charge estimée entre 15 et 18 mmH2O, pour un débit maximal de 150m à 180m3/h)
- comme la surface d'échange est très grande avec la terre doublée de la surface d'échange sur les parois des galets eux-mêmes (accumulateurs des variations de températures (diurne ou nocturne)) , la tranchée est 6 à 10 fois moins longue qu'un puits canadien avec une gaine TPC de 160 mm
- volume galets : 0.36 m3 par ml de tranchée , soit 1.8 m3 pour une tranchée de 5 ml
- La condensation est bien sûr absorbée par le fond de la tranchée , de plus en cas d'air trop sec , la terre en restitue un peu ...

- pente de 2 % en direction des tunnels
- Pour le réseau « direct »: posé à même le sol , (qui sera noyé dans l'épaisseur du hérisson, bien horizontal)
- ratisser un peu les galets de façon à faire une crête et non une noue (un creux) dans le sens de la longueur du tunnel
- une couche argilo-sablonneuse de 20 ~ 30cms sous les galets me paraît utile pour absorber et évacuer par diffusion lente sous et autour des tunnels

les tunnels doivent toujours être écartés de 1.70 à 2.00 m minimum entre eux
les écartements optimum sont entre 2.50 et 3.50 m , au-delà , l'onde thermique ne réchauffera pas suffisamment la masse
Il est nécessaire de garder une masse de terre suffisante autour des tunnels qui dicte cette contrainte d'écartement entre tunnels , multiplier les tunnels n'amènera aucune amélioration significative en raison du parcours de l'onde thermique sur 2/3 mois

Pour utiliser deux tranchées et plus , il faut les brancher ***en parallèle , jamais en série*** , tout comme les éléments (2V) d'une batterie de 12V (sans quoi, comme les résistances en électronique, les pertes de charge s'additionnent).
Les tunnels de galets peuvent être jumelés par paire , le tout est de ne pas dépasser un certain volume par heure , de l'ordre de 80 à 100m3/h par tranchée en position puits canadien, 150 à 300 m3/h pour stocker des calories si le système est branché sur un capteur à air en été ou mi-saison.
Exemple:
240m2 habitables , 8 tunnels , donc 1500m3/h maxi en été pour recharger les tunnels avec un ventilateur de 200 à 240W , donc gaine de 280mm à 300mm diamètre (à cause des pertes de charge)

Disposition conduit

La disposition "horizontale " de l'arrivée des tuyaux est meilleure pour une distribution d'air homogène dès le départ , dans un tunnel de 0.50x0.70 à 0.60x0.80 ou 0.50 haut par 0.80 à 0.90 large avec tube collecteur "horizontal".
Dans le cas d'une disposition verticale il faut disposer d'une hauteur de galets suffisante pour avoir le nombre de fentes , soit au moins 50 de large par 70 de haut sur 4ml maximum ,ou 60 large par 80 de haut sur 4.50 ml maximum.
Il n'y a pas de dimensions "minimum"
tenir compte du temps de déphasage :0.60 à 0.75 m /mois
environ 3 à 4 mois de stockage (le maxi): 1.80~1.90 m entre le haut du tunnel et sol fini
Si on ne peut pas descendre assez profond , on stocke moins et un peu plus tard: de juillet à septembre au lieu de juin à septembre... car le déphasage sera plus court ..

Cas ou les capteurs à air sont éloignés de la maison:
caniveau béton ou grosses buses en ciment de 300 à 350 de diamètre intérieur dans lequel on glisse une gaine aluminium souple double peau pour amener l'air chaud jusqu'au ventilateur

de là: réseau direct en aluminium ou acier galvanisé en « aérien »; grès , PE ou PVC compact qualité alimentaire CR8 pour les tunnels enterrés

Gaines:
En aérien(gaines en alu ou en galvanisé) ou bien en enterré (gaines Pehd rouges annelés lisses intérieurs , rouge aussi intérieur.

Attention à ne pas les écraser et à respecter une pente 2% de façon à ramener les éventuels condensats vers le bas du plenum dans lequel sera disposé un siphon . (autrement dit , les gaines montent en partant du plenum jusqu'aux bouches)

Disposition tuyau:
cette disposition du tube collecteur "à la verticale " est un moyen d'économiser "un coude ou un Té "en PVC , voulue par la plupart des gens , alors que la disposition horizontale est un poil meilleure pour la diffusion de l'air vers les galets et plus rassurante pour l'évacuation des condensats par les fentes
l'idéal est un lit de galets de 20 ~25 cms d'épaisseur , hélas on devra alors excaver 100m2 de terre sur 2.50m de profondeur pour ensuite remblayer , pour un gain de 15 à 20% en termes de performance /déphasage
Mais cela nécessite d'excaver énormément de terre: 250 m3 .... au lieu de 5m3 par tunel de 0.50m de large/4ml de long et 2.50m de profondeur

Durée travaux

Durée travaux pour tunnels:
2 à 4 h par tranchée de 2m de profondeur , avec stockage des terres à côté
le plus long consiste à mettre en place les bidim , la géomembrane étanche , les étais -si terrain un peu trop instable- , les galets avec les collecteurs prêts (fentes et bouchons + raccords + les protections (important !)des embouts), le remblayage et le compactage à la dameuse à moteur diesel (moins d' une dizaine de jours pour les 5 tranchées à 2 ou 3 personnes).

Le creusement des tunnels vient après les fondations afin de ne pas risquer un coup de pelleteuse malencontreux

Manchons au niveau du raccordement des tunnels:
ce sont de simples collerettes taillées dans des morceaux de polyane , trouées en leur milieu et enfilées sur le tube , puis plaquées sur le polyane rabattu

Matériaux utilisé pour le stockage

tuile: matériau poreux
galets de rivière: plus lourds , plus compacts et pouvant "encaisser " des flux d'air surchauffés plus rapidement
billes d'argile cuite sphériques bien calibrés de la taille de balles de ping-pong
une équipe suisse a d'ailleurs testé des tuiles plates , des galets , etc ..et ils ont retenu la forme idéale : des grosses billes d'argile bien rondes, grosses comme des mandarines , tout cela vérifié par des essais rigoureux , les galets venant en deuxième ...
attention à ne pas trop « tasser » les matériaux, car si on a moins d'interstices on aura moins d'air donc moins de performances

Préférer les galets 40/60 ou 40/80 , pas du 0/80 car bouchage des interstices par ou passe l'air
entre 40/70 et 50/80 ..... mais surtout pas du 30/250 (écrasement des tubes fendus par pression localisée)
l'idéal : 32/52 (pertes de charge : environ 140Pa par tunnel) ou 40/80 (120 à 130 Pa)
des morceaux isolés de 120 risqueraient de faire pression sur les tubes à fentes
Si vraiment on ne peux avoir du 40/60 , se rabattre sur le 30/60 ou 30/50

- éviter les 10 à 15 mm qui pourraient s'incruster dans les fentes de 10 mm de large et freiner le passage de l'air
- éviter les gros calibres genre >80 à 120 qui exerceraient une pression localisée sur le PVC

Liaison capteur – boite à air

le conduit de **<u>200mm INTERIEUR</u>** devra être ISOLE si la longueur est trop importante : prévoir quelque chose comme un caniveau béton de 30x30 intérieur avec dallettes pour pouvoir y glisser une gaine alu thermo-isolée et finir de l'isoler avec de la pouzzolane, du technopor (verre expansé) ou des granulats d'argile expansée avant de poser les dalles béton sur le caniveau , un polyane par dessus avant de remblayer .
<u>Variante:</u>
tuyau acier galvanisé de 200mm placé dans le même caniveau ,entouré de laine de roche puis bourrage d'isolant genre pouzzolane ou verre expansé
Prévoir un autre tuyau parallèle au premier , si possible dans le même caniveau qui sera plus large (50cm intérieur) de 180 à 200mm , nu , simplement enfoui dans l'isolant déversé en vrac cité plus haut , pour l'air repris dans le séjour et retourné au capteur , en mode "chauffage direct"
si liaison caisson-capteur supérieure à 15ml , il faudra passer à des diamètres légèrement supérieurs , mais le principe est le même : pas de PVC entre capteur et caisson à cause problèmes de dilatation
<u>autre solution que les buses lourdes :</u>
canalisation en PP alvéolé type Ambidur : très léger et étanche ,dans lequel on y glisse le conduit aluminium double peau : l'Ambidur protège le conduit aluminium de l'humidité et de la pression du sol .
Une autre gaine en Ambidur(D250) servira d'ailleurs pour le retour d'air maison vers capteur , inutile de le doubler intérieurement avec gaine alu double peau , suffit de l'enterrer avec une bonne épaisseur de pouzzolane autour plus bidim comme pour un drain
<u>variante:</u>
gaine alu-phonic D200 intérieur , Ambidur D300intérieur pour la liaison capteur vers le caisson de répartition (d'environ 60x60x75 profondeur) avec registre sous l'escalier (accessible par une trappe sous la volée) ; Ambidur D200 ou D250 pour le retour d'air de la maison vers le capteur (en mode chauffage direct hivernal)

Points importants

pas de bidim: risque de contamination des galets par le dessous si remontée imprévue et exceptionnelle de la nappe phréatique
pas de polyane: risque d'asséchement de la terre sous-jacente sous la dalle , tassements à craindre , perturbation de l'équilibre hydrique et diminution de la saturation en humidité (diminution de la conductivité de la terre et diminution de la capacité thermique)

Si la température est trop importante en sortie du capteur (100 ou 150°C): il faut éviter le PVC (mettre des gaines aluminium isolées thermiquement en aérien et des gaines PP en enterré)

Attention , un capteur qui travaille à ces températures n'aura qu'un très faible rendement : 20 à 30% de rendement par rapport à un capteur travaillant sous 40~50°C (rendement de 50 à 60% en été)

Pour les pertes latérales , une ceinture isolante peut être envisagée : mini-tranchée de 20 de large remplie de pouzzolane avec drain au fond pour éviter que l'eau remplisse cette tranchée , sinon , plaques de PSE, géotextile et remblai

gravillonné

On doit se contenter de récupérer 35 à 40% de la chaleur stockée fournie en été par une serre ou des capteurs à air , ces derniers servant encore à recharger en hiver ou à chauffer directement la maison (en by-passant par dessus les tunnels)

On doit se contenter de l'isolation supérieure et des parois latérales , car à 2.50 et 3m , la terre est à une T° très stable , d'environ 13° à 15°C et les fuites de chaleur seront faibles , la masse de terre sous les tunnels étant à 20~26°C à la fin de l'été , et au fil des ans , cette T° monte doucement d'environ 2 à 3°C

Entre Juillet et Septembre , les capteurs à air peuvent envoyer environ 5 à 6 KWh/m2/jour au stockage , mais en hiver , ces capteurs ne fournissent qu'environ 1 à 1.5 Kwh/m2/jour d'où l'intérêt de stocker en été avec une énergie solaire surabondante

Soigner la réalisation des fentes avec de ne pas fragiliser les tubes (utiliser scie japonaise ou une disqueuse avec des disques à pierre)
faire deux trous de 8 ou 10mm de diamètre avec une mèche bien affutée aux extrémités de chaque future fente à faire, ensuite un coup de disqueuse de 8mm d'épaisseur entre les 2 trous : cela garantie une absence d'amorce de rupture dans le PVC

Règle des 2/3:
exemple= fondations à 1m de profondeur
tunnel à 2m de ladite fondation
tu divises la distance (2.00) par 3 puis tu multiplies par 2 = 1.33

ta fondation est à 1m , le tunnel à 2m de la fondation , tu peux creuser à 1.00 + 1.33 = 2.33m

Fentes tuyaux

A chaque extrémité de la tranchée est placé un tube collecteur en PVC ou PPE de 160 à 200 mm de diamètre selon débit à obtenir , avec fentes latérales faites à la tronçonneuse à pierre , largeur des fentes 6 à 8 mm , nombre de ces fentes calculé pour avoir 1.5 fois la même section que celle du tube (ex 300 cm2 pour un tube 160mm (200cm2))

- les fentes ne doivent pas dépasser 1/3 du périmètre du tuyau afin de ne pas le fragiliser
- pour ne pas trop fragiliser le PVC,il vaut mieux que l'entaille côté verso soit positionnée au milieu de 2 entailles côté recto

chaque fente fait en réalité 1/4 de la circonférence (ou périmètre)

une fente d'un seul tenant faisant 1/2 périmètre ne garantit pas la solidité du tube lors du remblayage et du damage

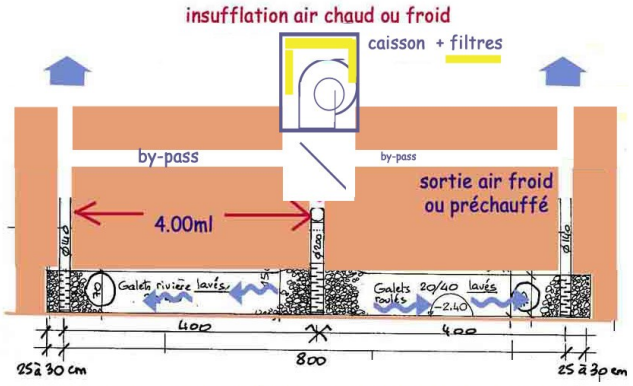
Dans certains cas (je n'ai pas essayé personnellement) chaque fente peut faire 1/3 à condition d'être disposée l'une par rapport aux autres avec un décalage de 120° "en hélice" pour ne pas fragiliser le tube

j'ai fait une fente de 3/8 de la circonférence, puis 4cms plus haut : 3/8 sur l'autre moitié de la circonférence et j'ai répété cela 7 fois, soit une surface de 210cm2 pour un diamètre de 160 mm

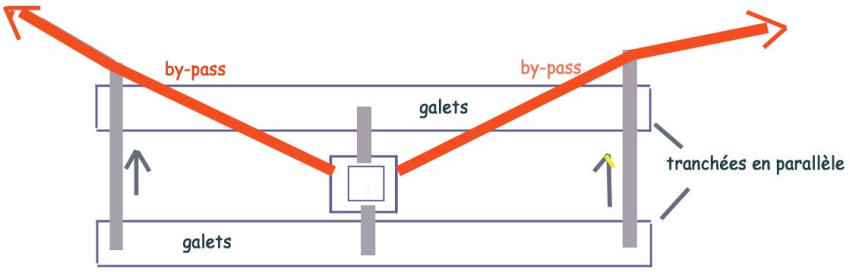
prendre le diamètre extérieur comme base de calcul :
exemple : D160 (8cm de rayon extérieur) :
8*8 * 3(au lieu de pi 3.1416) = 192 cm2 = surface totale des fentes

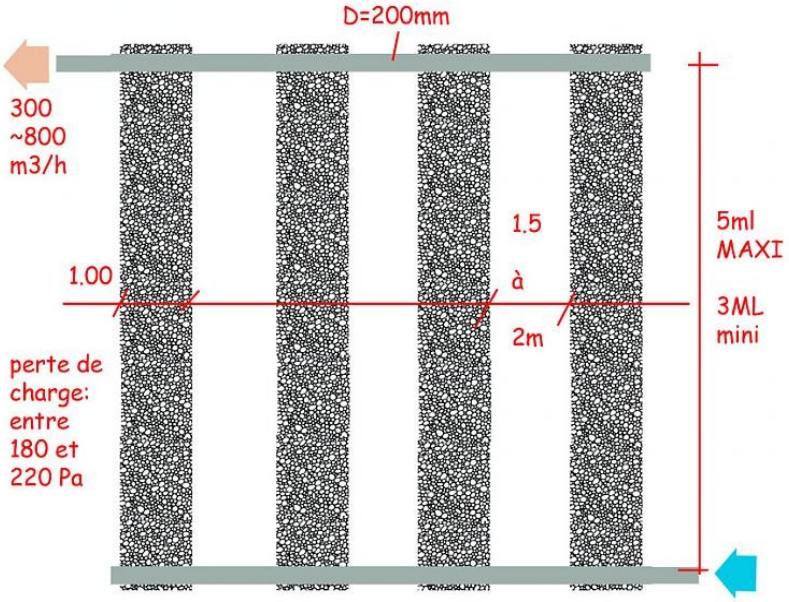
le vrai calcul à partir du D intérieur (parois de 6 mm épaisseur) :
(80-6) * (80-6) * 3.14 = 172 cm2 + 10% = 189 cm2

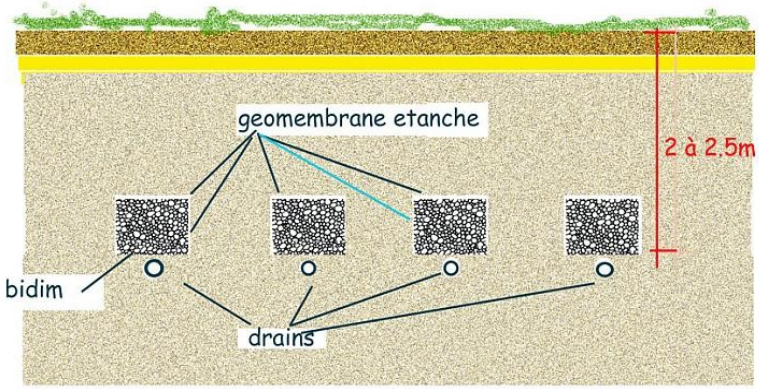
Annexes - schémas

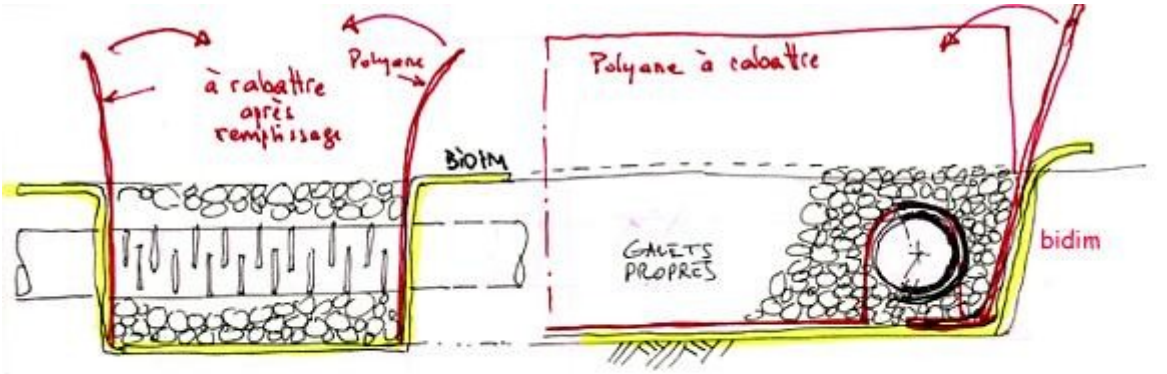


by-pass en cas de beau temps ensoleillé !! (surtout si l' air vient d'un capteur à air ou d'une véranda)

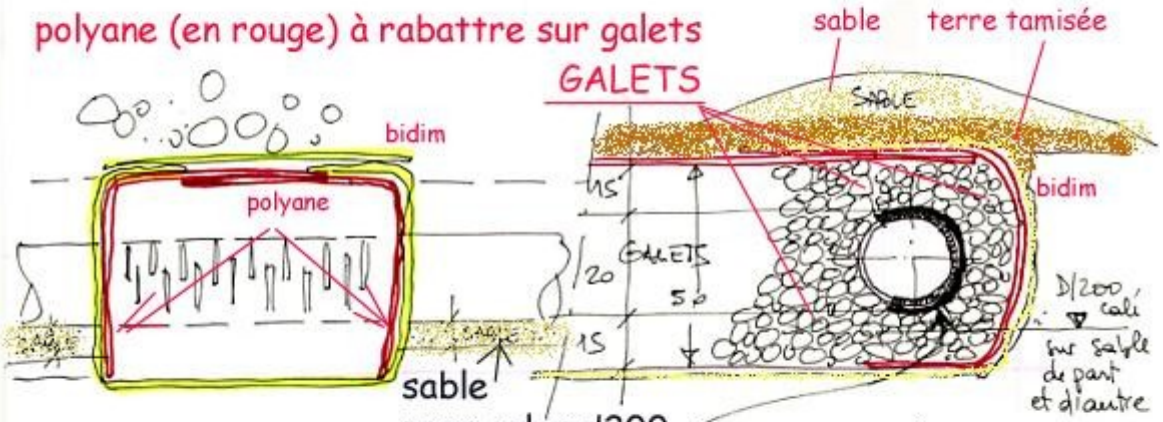



D=200mm
300
~800
m3/h
1.00
1.5
à
2m
5ml
MAXI
3ML
mini
perte de
charge:
entre
180 et
220 Pa

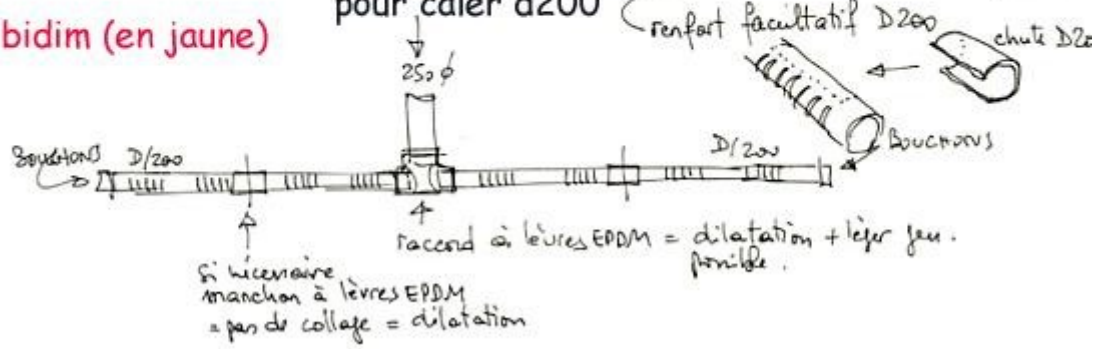

geomembrane etanche
2 à 2.5m
bidim
drains

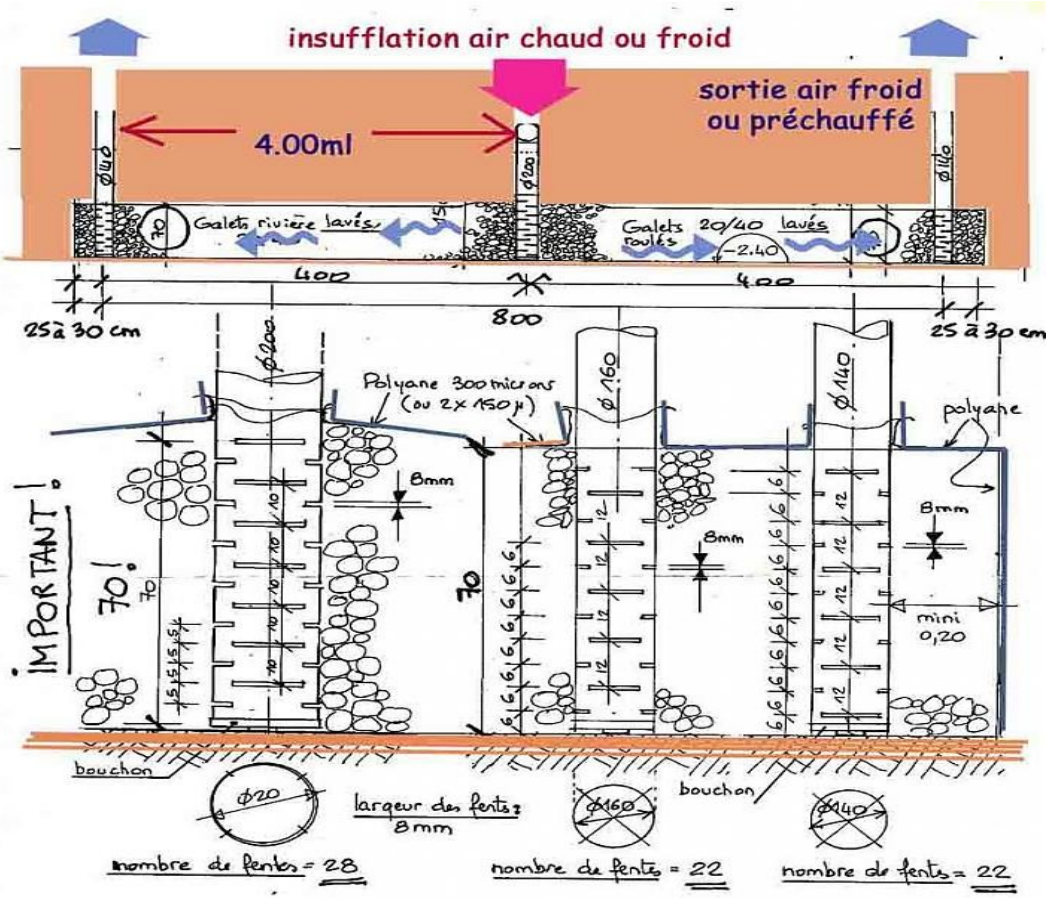


polyane (en rouge) à rabattre sur galets



bidim (en jaune)

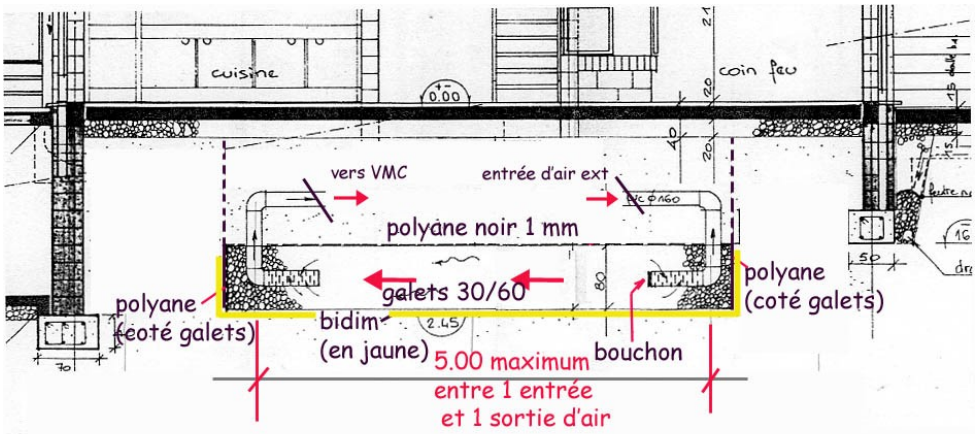


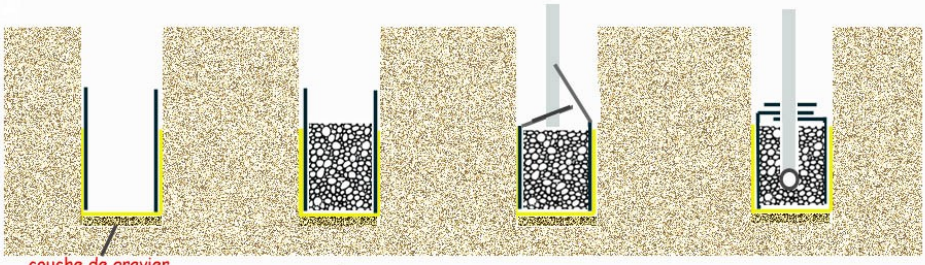


Exemple de tunnel de galets "double " totalisant 8 ml de long

hauteur galets 0.70m
largeur tranchée 0.60 m

peut remplacer 30 à 50 ml de gaine TPC diam 160mm



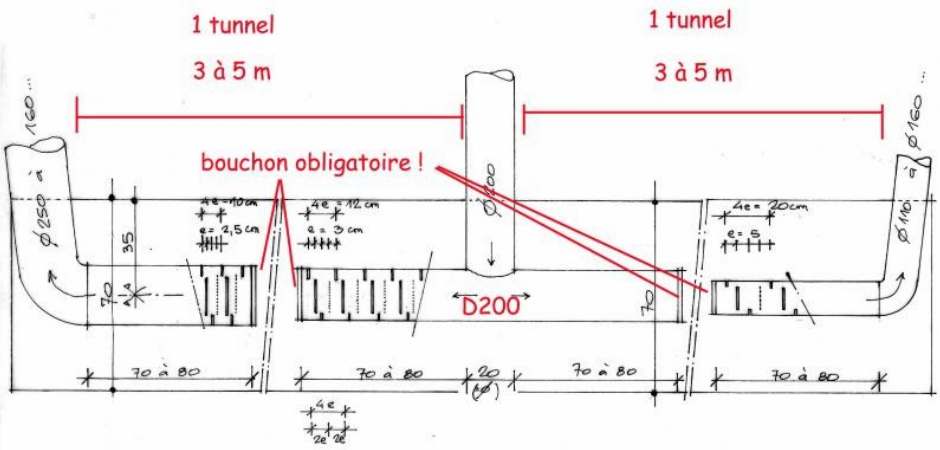


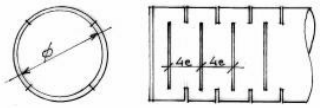
couche de gravier
en premier
bidim au fond et sur
les côtés
puis polyane noir

remplissage
galets

polyane rabattu
puis immobilisé
(sable lourd, terre
ou béton maigre..

collerette double
en polyane à enfiler
en force sur le tube de
PVc D200
et remblayage général
avec damage soigné





VARIANTE POSSIBLE :
Fentes 2 à 2 diamétralement opposés
écart mini 2e au lieu de 1e pour fentes disposées en hélice.

Diamètre Ø cms	Nombre de fentes	Ecartement (= e)	Ecartement sur un même coté (= 4 x e)	longueur d'une fente (= 1/4 circonf.)	Surface (pour 1 fente)
25	31	2,5	10	19,5	15,7 cm²
20	25	3	12	15,7	12,6 cm²
18	22	3,2	12,8	14,1	11,3 cm²
16	20	3,5	14	12,6	10 cm²
11	14	5	20		6,9 cm²

Dimensionnement des collecteurs et disposition des fentes à titre d'exemple pour plusieurs diamètres de collecteurs (largeur d'une fente 8 mm à 10 mm)