Questions réponses

Peux tu m'en dire plus sur la position du tunnel a galet pourquoi est il plus performant sous la maison ?
Parce que tout simplement comme me le disait un ingénieur de l'INSA Toulouse: les pertes du stockage deviennent des gains pour la maison ! aussi bête que cela

Avec ce principe on n'isole pas sous la dalle? seulement en périphérie ?
Exact , la dalle répartit doucement la chaleur accumulée par conduction à travers la terre ; la chaleur se propage à raison de 1m environ par mois
c'est pour cela qu'on utilise le principe de la dalle flottante : on coule la dalle béton sur le terre-plein bien compacté après avoir refermé les tranchées en évitant de s'ancrer aux éléments du gros œuvre : murs extérieurs et refends porteurs (un joint de désolidarisation entre dalle et mur obtenu grâce à une bande résilient verticale de 5 mm disposée avant coulage); ceci pour être sûr qu'aucune lame d'air ne se crée lors d'éventuels tassements du terre-plein entre la dalle et ce dernier et fasse obstacle au cheminement par conduction

On se sert de ces galets pour emmagasiner des calorie c'est ça ?
oui , lors des phases de stockage , par exemple dès que l'air est trop chaud pour la maison , on l'y dirige , et une fois le soleil couché , le ventilateur s'arrête , et la chaleur accumulée dans les galets ira par conduction dans la masse du terre-plein

Temps de propagation de la chaleur dans le terre plein (déphasage) ?
- 2m40 de profondeur: 3 mois
- 1m88 de profondeur: 2 à 2,2 mois
  - un peu de surchauffe peut-être mais on peut arrêter le stockage dès que la température moyenne de la terre commence à dépasser les 28°C (sonde à placer entre deux tranchées - PAS dans les galets !!!)
- 1m50 de profondeur: 1,5 à 2 mois
- d'après travaux de l'INSA de Toulouse et Versailles, on admet un déphasage de 1m par mois grosso modo

Par contre si je ne fais pas un vrai capteur solaire est ce que le tunnel a galet sera rentable tout de même ?
l'intérêt d'un capteur à air même rustique est de pouvoir envoyer de l'air chaud à 50°C de moyenne pendant les 4 mois chauds de l'année: juin à septembre
cela peut se faire avec un toit de tuiles bien plates avec lame d'air ventilée et isolant dessous , mais surtout il faut bien faire le filtre à l'entrée du tunnel

qu'en est-il de la mise en place de 80 m3 de galets sous la dalle (avec isolation périphérie) ?
très risqué ce que tu fais , le hérisson étant sous la dalle , le déphasage sera très court , tu risques d'avoir très chaud aux pieds courant août si ce n'est avant , car je ne connais pas la surface de captage ..
dans les échanges précédents , j'insistais sur le fait que les tunnels de galets sont à une profondeur calculée pour prendre en compte l'inertie totale terre-plein et galets , et que le déphasage sera de 3 mois environ avec la profondeur de la tranchée (2.40m à 2.50 m environ), d'autre part ,c'est 1.80m3 de galets par tunnel , et pour 120m2 , c'est 5 à 6 tunnels (espacés de 2.00m environ) soit au final 9 à 10 m3 de galets ...8 fois moins que les 80m3 que tu veux mettre .
je te conseillerais d'isoler ton stock en interposant une bonne épaisseur d'isolant par-dessus et sous la dalle béton , pour contrôler le déstockage par ventilation forcée galets-habitation (en filtrant sévèrement cet air à l'entrée comme à la sortie) au fur et à mesure de tes besoins en chauffage ... ce n'est donc plus du passif mais une logique bioclimatique active puisque tu auras à gérer ce stock de calories .

Dans le cas de d'une maison où le tunnel est enterré a 2.4m si je les place moins profond quel sera la conséquence ?
simplement qu'il faudra retarder le début du stockage , l'épaisseur de terre diminuant , le temps de déphasage aussi puisque la propagation de la chaleur reste constante dans le terre-plein ..
réduire à 2.20 ou 2m la profondeur de la tranchée par rapport au RDC : peu de conséquences
par contre , à 1.50m , cela risque d'être inconfortable si on commence à "stocker " trop tôt , début juin ..la chaleur arrivera à la dalle 1 .5 à 2 mois après soit à la mi aout …
parade: isoler sous la dalle alors et mettre un échangeur de serpentins d'eau glycolée dans les tranchées pour chauffer la dalle sous "contrôle " puisque l'épaisseur du terre-plein est trop réduite

mon projet est le suivant: sera-t-il viable ?
En gros en partant du haut j'aurais au final:
6 cm chape
12cm dalle
20 cm empierrement (gravier

50 cm ou 1 m de terre
50cm tunnel a galet
plutôt 1.20 à 1.30 m de terre si possible
si on se limite à 1.88m de profondeur , cela fera 2 à 2.2mois de déphasage au lieu des 3 mois avec 2.4m de profondeur .. un peu de surchauffe peut-être mais on peut arrêter le stockage dès que la température moyenne de la terre commence à dépasser les 28°C (sonde à placer entre deux tranchées - PAS dans les galets !!!)

Quel est le rôle du poêle a bois avec un système de tunnel a galet ?
rôle d'appoint de chauffage

On récupère le chaleur du poêle et on l'envoi a travers le tunnel pour réchauffer les galet durant la période de chauffe ?
non , non !!! on se sert tout simplement du "réseau DIRECT" c'est à dire en by-pass par dessus les galets , pour diffuser la chaleur vers les autres pièces , tout en chauffant un tout petit peu la dalle du RDC ..ou bien créer un réseau indépendant de gaines pour diffuser par un faux-plafond la chaleur du poêle ..

Par contre a cette profondeur la chaleur stockée dans le tunnel ne part pas sur les coté vers l'extérieur de la maison ? la chaleur monte ?
elle se propage dans toutes les directions (comme les ondes à la surface de l'eau après la chute d'un galet) et une ceinture isolante est posée contre les fondations aussi profondément que possible ..(environ 1m20 ou plus ..)

A partir de mars 80 à 90% en solaire ? il faut une bonne véranda pour ça non ? Environ a quel mois mon capteur solaire sous toiture (pente 25 à 30°) commencera a être utilisable ? Mars Avril Mai ?
toiture solaire à 25 30°- perméance des tuiles ..inclinaison peu propice .. utilisable vers mi-avril, mai... ce serait dommage de se priver des apports solaires de mars et avril..pourquoi ne mettez vous pas des vitrages verticaux sur certaines parois de votre MOB ?
l'isolant est la , vous mettrez une feuille alu (de préférence mettez comme isolant du ROCKFIRE , plaque spéciale pour hottes et inserts supportant 300°C , une plaque ondulée en zinc pré patiné , une plaque de verre trempée , et les arrivées-sorties d'air vers le stockage ..et vous mettez une belle terrasse de graviers bien blancs pour réfléchir le plus possible les rayons solaires sur la vitre

Quels sont les apports si on place le capteur à air côté ouest ?
en mi-saison , on a 50% des apports solaires par rapport à un capteur Sud , c'est mieux qu'un capteur orienté EST (brouillards matinaux); le reste des apports se fera par les grandes baies vitrées sur la dalle lourde

L'intervention sur l'isolation thermique (double paroi de polyéthylène) n'a pas des grandes influences sur la consommation d'énergie ?
Effectivement , puisque le polyéthylène est connu pour être trop perméable aux infrarouges lointains , contrairement au verre qui les stoppe , mais il me semble qu'une double peau réduit les déperditions par convection .
Le Thermoclear (polycarbonate alvéolaire 6mm) se comporte mieux que le polyéthylène vis-à-vis des infrarouges lointains

VMCDF ou VMCSF ?
VMCDF pas vraiment nécessaire ,sauf si on tient vraiment à récupérer quelques % pour un surcoût difficilement amortissable
un VMCSF ou des extracteurs hygro dans chaque pièce humide suffiront amplement
Une VMCDF n'est pas très indiquée , car le système travaille comme une VMI , c'est à dire avec la "partie insufflation" de la VMCDF , avec des débits plus importants (600m3/h) en présence de soleil , moins importants la nuit (180 à 250m3/h) , du coup les ventilateurs de la VMCDF sont trop sous-dimensionnés de même que le diamètre des gaines

le PVC ne risque -t-il pas de ramollir avec la chaleur ?
Le PVC "CR8" résiste jusqu'à 75°C , se ramollit autour de 80°C~90°C
on en est très loin pour plusieurs raisons:
-l'air sort des capteurs à 50°C (avec un débit entre 30~40m3/h/m2 de capteur)
-en entrant au niveau de la dalle , sa température sera passée à 45°C
- la paroi de PVC , côté terre, ne dépasse pas 30°C à la fin du stockage
-la paroi interne supporte un flux d'air rapide à 45°C, 50°C

Utilité du retour des conduits dans le plenum à la sortie des tunnels ?
-re-filtrage de l'air (on filtre sur le départ vers les galets et on filtre l'air de retour)
-mélange avec de l'air neuf dans toutes les proportions voulues
-pour les paranoïaques de l'hygiène: faire passer l'air des galets dans 1 échangeur pour préchauffer l'air neuf

Tunnels verticaux ?
on n'a pas les 2m de terre au dessus des galets horizontaux qui permettent de déphaser l'onde thermique entre juin et Octobre ..de plus, un puits vertical diffusera trop en profondeur (trop de pertes de chaleur et le haut du puits chaufferait trop rapidement la dalle fin août) ..pas bon d'un point de vue compacité du stockage , trop "en hauteur"
évacuation des condensats: faire un trou de 2 à 2M50 de profondeur et le remplir d'eau et voir si ça s'évacue en 12H c'est bon

renouvellement air ?
En hiver , se baser sur un taux de renouvellement de 0.6 à 1 fois le volume habitable
En été , se baser sur 1.5 à 2 fois le volume habitable pour rafraîchir

Comment éviter le bruit ?
Il faut prendre un modèle de ventilateur à faible régime de rotation (800 à 900 t/mn)
La gaine reliant la serre au caisson du ventilateur est de type alu double paroi avec doublage interne acoustique (piège à son)
le bruit au soufflage du caisson est considérablement assourdi par les galets en période de stockage estival
en hiver , le débit est divisé par deux , l'air venant de la serre va directement chauffer la maison et ses murs en pierre chaque fois que le soleil brille (un plenum avec doublage acoustique assure la répartition de l'air dans les pièces en retenant le bruit)
Le débit va de 300 à 800m3/h en hiver suivant l'ensoleillement , et suivant la taille de la maison . la nuit ce débit est réduit aux mêmes valeurs que pour une VMC soit 1/2 le volume habitable de la maison.
il faut éviter que l'air ré-accélère dans le tuyau de sortie d'où les diamètres un peu plus importants (coudes , etc) jusqu'à la grille de soufflage
le débit varie en effet et c'est en plein soleil qu'il est maximum : à ce moment-là on essaie de rester entre 2 et 3m/s jusqu'à la bouche
l'isolant acoustique dans la boîte près de la grille peut être un moyen de réparer une erreur de diamètre.
Il peut aussi servir si le bruit du ventilateur se propage "en direct" malgré la longueur du tuyau extérieur
choisir des ventilateurs à basse vitesse genre 800 à 1200 t/mn et rester dans des vitesses aérauliques basses au niveau des bouches de ventilation permettent de garantir un bon confort acoustique .
Pour une isolation dans les basses, penser a minima à désolidariser le ventilateur. Lien
les ventilateurs sur silent-blocs et les caissons, soit suspendus sur ressorts correctement tarés , soit sur matelas antivibratiles , avec liaisons aux gaines rigides par manchons souples...etc..
Un ou deux plenums tapissés de baffles calment l'air sortant du caisson à grande vitesse et redistribuent l'air vers les départs de gaines puis vers les bouches
la règle est de ne pas dépasser 4~5 m/s dans les gaines et 2 ~3 ms à proximité des bouches !
Conduit dans les combles:
Une bonne isolation classique avec panneaux de laine de roche semi-rigide suffit , avec sous-face côté chambre en placo BA13 ou double placo , à condition que les gaines soient suspendues souples (pas de point de fixation dure contre un montant d'ossature placo , par exemple ..)
les alu-phonic et les alu-coustic sont microperforés intérieurement (pièges à sons)
le ventilateur dont il est question ici brasse trois fois plus d 'air en été à midi solaire(là les galets = piège à son) ...et deux fois plus en hiver par beau temps ensoleillé en mode chauffage direct = soigner l'acoustique du réseau aéraulique devient alors primordial pour le confort de jour dans la maison

Rôle du Bypass ?
après une période de grand froid et peu ensoleillée ou à la fin de l'hiver , les galets des tunnels - je dis bien **le centre** du stockage et non la masse environnante de terre encore tiède - se sont refroidis : il est préférable de souffler DANS toute la maison pour chauffer les murs qui se comportent alors comme 2eme stockage dit "de courte durée"

peut on coupler une VMC sur tunnel à galets (à la place du ventilateur) ?
le ventilateur d'une VMC ne sera pas assez puissant pour vaincre les pertes de charge dans un tunnel: environ 120 à 180 Pa de perte de charge pour un tunnel de 3 à 4 ml de long et un débit d'environ 125 à 150m3/h par tunnel

avantage puits canadien ?
le puits canadien placé en amont du réseau aéraulique présente deux avantages:
-en HIVER , il évite de trop vite refroidir la maison doucement chauffée par dessous et donc on ne pompe pas trop sur le stockage la nuit
-en ETE , il apporte un complément de fraîcheur utile dès que l'air venant du stockage grimpe au-dessus des 25°C...à partir de la mi-Août

débit minimum à respecter dans un tunnel ?
le débit peut être quasi-nul ou fixé à 10 ou 20m3/h par un calage des registres à la fermeture

peut on remplacer les galets par des billes d'argile (expérience suisse) ?
l'expérimentation suisse porte sur une possibilité de climatisation par stockage "journalier" des calories/frigories sur cycle de 24H par passage d 'un flux d'air régulier pris sur l'extérieur - avec ou sans capteurs à air pour ajustement de la T° en hiver
Les billes d'argile cuite sont parfaitement calibrés , logées dans une caisse isolée , et non enterrées à 2m de profondeur : la masse thermique mise en jeu ne concerne que la masse des billes elle-mêmes
Ces billes sont disposées en lits réguliers ; aucune pression ne s'exerce sur elles à part leur poids propre et celles des billes au-dessus
Pour pouvoir les placer à 2m de profondeur , il faudrait des billes en argile vitrifiée ou en grès ou basalte parfaitement arrondis , pouvant résister aux pressions exercées par la couche de terre au-dessus, par la dalle et le hérisson...introuvables en France...à part les billes de verre de nos gamins ou les boules de pétanque

quels sont les risques de déperdition d'air dans le tunnel ?
vu la faible pression de l'air à ce moment (inférieure à 18~20 mm H20) , il n'y a pas trop de déperditions à craindre de ce côté , sauf en sol 100% sablonneux , en sol 100% argileux complètement desséché ou en terrain karstique
Dans ces cas-là ,on dispose une couche absorbante d'un mélange d'argile limoneuse et de sable puis le bidim pour faire barrière à l'air mais pas à l'eau

disposition des tuyaux dans les tunnels ?
tunnel de section à peu près carrée ou rectangulaire: dans l'axe du tunnel
section plus haute que large comme 0.45 x 0.80 ou 0.50x0.80
on peut les disposer verticalement
tunnel "à plat" comme pour Alligator (maison climatique dans l'Hérault): plus large que profond (1.20x0.40) le tube est alors horizontal et perpendiculaire à l'axe du tunnel.

drainage soubassement ?
drain à 50 ou à 1m des murs , c'est tout aussi bien , si on veille à assurer une légère pente du terrain depuis le mur jusqu'au droit du drain
Les drains sont soit de type agricole , PVC ou drains de terre cuite ou grès perforé (pas de sens imposé pour les fentes répartis sur 360°) soit de type avec cunette (drains routiers) : fentes vers le haut
A placer en bas , puis graviers, le tout entouré d'un feutre géotextile qui empêchera le colmatage par les fines d'argiles ..

quelle doit être la température mini et maxi de l'air insufflé dans les tunnels (en été, pour le stockage) ?
Entre 40 et 60°C , sans dépasser cette valeur à cause du ventilateur et des gaines en PP ou en PVC …

dalle flottante ?
Pour moi , c'est flottant et en 15~16cms sur du tout-venant sans fines parfaitement compacté
Au niveau de la dalle , la T° ne dépasse pas 22 ~23°C (pas de risque de désordres)
La dalle flottante reste une sécurité pour ne pas "pousser" sur les murs porteurs ; si le compactage est bien fait conformément aux DTU , la dalle de 16cm ne bougera pas ou très très peu .
les précautions à prendre sont les mêmes pour une dalle flottante:semelles résilientes (phaltex ou liège) sous les cloisons légères et éventuellement au-dessus sous le plafond , encastrement des cloisons dans les murs porteurs : feuillures par exemple
le but de la dalle flottante est de rester collé au sol en cas de léger tassement après le chantier (avant pose de la chape et du carrelage) pour que ne se forme pas une lame d'air "isolante"

système de rejet air à l'extérieur en fin été ?
c'est un simple volet manuel situé sur le caisson , facile a ouvrir en cas de besoin

isolant sous la dalle ?
l'isolant que Jonneve a prévu est destiné à "freiner" le déphasage naturel de la terre et est d'assez faible épaisseur (2 à 4 cm de liège) : cela permet de stocker davantage de calories sous l'isolant en augmentant un peu plus la température sous l'isolant sans trop craindre les surchauffes ; de plus , Jonneve va poser un "réseau direct" en tubes de terre cuite où il fera passer l'air neuf la nuit pour en récupérer la chaleur
la présence d'un isolant sous la dalle permet de stocker un peu plus tôt en Août , le terre-plein sous l'isolant peut alors être un peu plus chaud (2 à 3°C de plus …)
rendre la dalle légèrement isolante pour "freiner" l'onde thermique arrivant trop tôt : dalle de béton avec agrégats de pouzzolane ou de verre cellulaire à la place des granulats lourds , ou dalle classique chaux sur plaques de liège de 320 à 30mm , etc..

Puissance à fournir ?
Pour 300 M3 de terre
300 m3 * 10 * 0.65 = 1 950 Kwh si on ne tient pas compte des déperditions vers le bas (en supposant qu'il y a un isolant

sous cette masse ..)
On calcule comme s'il y avait 400m3 de terre sous la maison pour se garantir une bonne marge :
400 * 10 * 0.65 = 2 600 kwh et il faut un flux d'air à 50 ~60°C pour que la recharge soit maximale avec une bonne trentaine de kwh par jour
Comme l'air parcourt 3 à 4 ml de galets , à moins de 0.1 ~0.15 m/s , il a le temps de prendre la température de la terre environnante :
18 ~20°C au début du stockage , début juillet , l'air sort donc à cette T°
20~24°C en Août , l'air est à une T° encore confortable par rapport aux températures extérieures caniculaires en plein soleil
24 ~28°C en Septembre , mais les journées raccourcissent et les températures extérieures redevenant clémentes , on n'a plus besoin de l'air venant des galets => rejet EXTERIEUR , et pour climatiser, ventilation nocturne en "direct" dans une maison avec ses murs inertiels et le dessus de la dalle épaisse .
on commence à utiliser éventuellement la ventilation nocturne de mi-aout à septembre pour rééquilibrer la T° intérieure tandis que l'onde thermique pointe doucement le bout de son nez au niveau de la dalle

Que se passe-t-il si la terre autour des tunnels est composée de galets/graviers/sable ?
C'est légèrement négligeable car le mélange sable/galets ou sable/graviers a une capacité thermique moindre d'un tiers environ par rapport à une masse limoneuse bien compacte
Plus précisément 550 Wh/m3/°C vs 750Wh/m3/°C ; cependant si à cette profondeur le sable et les galets restent humides , la capacité thermique sera améliorée .
Augmenter légèrement la surface de capteur

tuyau tunnels et tuyaux eaux usées ?
les E.U. passent toujours par-dessus les tuyaux de ventilation ; ces derniers(ventilation) doivent être enterrés plus profond et avec une pente dirigée vers les galets (évacuation d'éventuels condensats) , les E.U. étant plus près de la dalle (dans le hérisson) peuvent être disposés avec la pente souhaitée vers le tout à l'égout. Prévoir une simulation sur logiciel 3D ou schéma avec implantation tuyaux

risques assèchement sol ?
Ce qui est nocif pour un bâtiment est surtout une variation **hydrique** importante du sol , comme celle causée par un drainage trop efficace : c'est l'une des raisons pour laquelle une membrane d'étanchéité dessus et autour des galets est obligatoire (sauf tout à fait au fond : bande de bidim un peu inférieure à la largeur du tunnel pour laisser s'évacuer les condensats : quelques litres par an environ surtout en été) : la circulation d'air ne peut entraîner l'humidité du sous-sol

Mur trombe, rendements, surface capteur ?
Plus on peut stocker de la chaleur d'avance (inter-saisonnier) plus on peut réduire la surface des capteurs
pour les maisons avec capteurs TROMBE avec leur déphasage de 24h : le ratio capteur /volume habitable était de 1m2 capteur pour 10m3 de vol habitable environ, soit pour 100m2 habitables, 25m2, pour une couverture des besoins de chauffage dépassant difficilement 40~50% .. sauf à Font-Romeu (60%)
Un avantage aux murs TROMBE quand même : leur extrême simplicité , pas de ventilateurs ou si peu; inconvénient , ça occupe de la surface en façade SUD , problématique confort d'été à cause de l'albédo du sol qui re-rayonne vers les capteurs verticaux …
Les systèmes de plancher solaire direct (PSD) à eau sous un angle de plus de 30° (idéalement 50° à 60° pour l'hiver) :environ 20m2 de capteurs/100m2 habitables. couverture des besoins 50 à 60%
Entre juin et Septembre , un m2 de capteur fournit 3 à 6 Kwh /jour de capteur incliné entre 30° et 45° (avec 50 à 60% de rendement)d'où l'intérêt de stocker en été pour s'en servir en hiver .
Mais à la saison froide , (octobre à Mars) , la récolte diminue (0.8 à 2.5 Kwh/m2/jour) (compte tenu du rendement plus faible par temps froid (30 ~ 40% en moyenne) et du moindre ensoleillement).De plus il faut relever l'angle d'incidence des capteurs (60 à 90°) si l'objectif est de chauffer la maison en hiver et augmenter leur surface .

Règle des 2/3 ?
Le bas d'un mur quel qu'il soit exerce une pression qui se diffuse dans le sol suivant un cône ou la pression est identique : la règle des 2/3 permet de ne pas se trouver dans ce cône et de saper la portance de la fondation , armée ou non
la mesure se fait à partir de sous .la base de la fondation en pierres + ou - maçonnées et non la base du mur au "ras du sol" (idem pour fondations classiques)

comment Intégrer l'inertie des murs sur le déphasage global ?
Penses à intégrer l'inertie des murs à celle du sous-sol , au final ça influe sur le déphasage global de la chaleur .
On peut aussi démarrer plus tard le stockage
pour une MOB , je serais féroce : fond de tunnel à 2.50~2.75 m impérativement
pour une ferme Gersoise isolée par l'extérieur avec ses gros murs (inertie complémentaire et de rattrapage) , je mettrai un peu d'eau dans mon vin : fond de tunnel à 2.00~2.40
On compare simplement la masse du sous-sol et son volume à la masse des murs et la capacité thermique des

matériaux ..pour en tirer une estimation du ratio stockage "longue durée " vs "courte durée"
L'inertie des murs joue en fait comme une sorte de contrepoids permettant d'atténuer des surchauffes ou de rafraîchir la maison lors des étés indiens après un trop bel été qui a bien chauffé le stockage : les nuits de septembre étant fraîches , on peut aérer vers les murs pour évacuer le trop-plein..
Au printemps , lors des périodes ensoleillées , les capteurs envoient l'air chaud dans la maison (et non dans les galets) qui vont continuer à maintenir tièdes ces murs grâce à leur inertie : on parle alors d'inertie séquentielle de 24h /48h , alors que le stockage inter-saisonnier a une inertie de l'ordre de 2 à 3 mois..
Associer ces deux types de stockage permet un peu plus de souplesse dans la gestion des apports de chaleur ou de fraîcheur

Pertes de charge ?
la perte de charge pour 1 seul tunnel est déjà entre 180~220 Pa environ , les tubes (15~20pa), le capteur (30~40pa) et le filtre ...
La perte de charge augmente de manière exponentielle avec le carré de la vitesse ..plus l'air va vite , plus les molécules s'entrechoquent , plus ça devient turbulent et plus l'air a du mal a passer
quand on passe d'un tuyau de 80mm à un tuyau de 125mm , pour le même débit d'air de 150m3/h : passer de 3m/s à 8.2 m/s fait passer la perte de charge de 1.8Pa/ml à 26 Pa/ml.

évacuation tunnels ?
mieux vaut diriger par le chemin le plus court l'air sortant des tunnels vers la serre : tubes bien droits pouvant d'ailleurs être dans le hérisson , tandis que les tubes "rouges" doivent être un peu plus profonds pour passer sous les tubes de retour

boucle de tickelmann ?
Une boucle de tickelmann, c'est une entrée et une sortie diamétralement opposés ! autrement les premiers tuyaux de grès seraient davantage favorisés

dalle chaux chanvre ?
il faut dans ce cas un hérisson ventilé, préférer plutôt 1 vol sable +1 vol chaux + 1 vol pouzzolane
le fait de ventiler un hérisson (faisant diminuer sa température) rend quasiment la dalle "isolante" type chaux-chanvre obligatoire.
si on veut une correction thermique,pourquoi ne pas utiliser plutôt un mortier chaux vermiculite,billes d'argile,schiste expansé
quand on fait passer des canalisations sous une dalle,il est préférable de les regrouper dans une tranchée commune pour ne pas augmenter les points de faiblesse du hérisson, surtout lorsque la dalle n'est pas armée.

préchauffage, rejet extérieur:
le système des tunnels à galets assure à la fois un pré-chauffage et une ventilation de la maison. Et si il y a ventilation, il doit forcément y avoir une entrée d'air neuf et une sortie d'air vicié, (sinon, à quoi bon ventiler ?). Donc la prise d'air neuf se fait par les capteurs à air (ou véranda...) plus une prise d'air frais/froid qui vient directement de l'extérieur et qui vient sur le moteur du ventilateur. A quoi ça sert ?
1/ À éviter que le ventilateur n'ait trop chaud (les fabricants n'ont pas encore fait de ventilateurs pour tunnels à galets...)
2/ À amener un peu d'air vraiment neuf qui se mélange au flux d'air chaud venu des capteurs avant de ventiler la maison.
Les bouches hygro/vmi... sont à mettre dans les pièces de service (sdb, wc, buanderie....) pour évacuer l'air vicié dehors.
Ensuite, il y a aussi une "reprise d'air" sur le salon ou autre pièce à vivre (là où l'air est encore bon à respirer) qui permet de faire sortir l'air pulsé dans la maison et de le récupérer en partie dans les capteurs à air. Ça permet en plein hiver, d'avoir à chauffer de l'air déjà tiède (celui de la maison) dans les capteurs au lieu de chauffer de l'air glacial venu du dehors. Le mélange avec de l'air neuf se fait dans le caisson au niveau du ventilateur.
quand la masse de terre commence à grimper - dès la fin Août - au-dessus d 'une température moyenne de 26~28°C autour des galets , ces derniers ne sont plus assez froids pour permettre de continuer à climatiser la maison , l'air sortant devient plus chaud (>27°C) , donc on ouvre un volet qui laisse l'air s'échapper au-dehors au lieu de le faire revenir à l'intérieur
en ETE ou en mi-saison , la boucle capteur-stockage-maison peut aussi bien être ouverte ..
c'est à dire que l'air extérieur peut entrer directement dans le **capteur** à la place de la reprise sur l'air intérieur
Cela nécessite un simple by-pass supplémentaire qui peut être automatisé
la grille de soufflage doit être posée à l'opposé de la reprise d'air pour permettre un bon balayage de la pièce de préférence au ras du sol

rôle du caisson ?
aucune vanne car dès que le volet du caisson se ferme côté stockage , l'air ne peut revenir vers le caisson par les galets car il y a surpression de ce côté plus les pertes de charge
idem si le volet se ferme côté insufflation , l'air est bien obligé de sortir des tunnels vers les bouches de soufflage et ne

peut revenir par les tuyaux "direct"
tuyau air frais: 125 ou 150mm
le ventilateur brasse l'air du capteur >maison >reprise vers capteur quand il y a du soleil (circuit principal à 600~1000 m3/h suivant la taille de l'habitat)
Mais dans le même temps , il y a de l'air neuf qui est aspiré précisément par cette gaine d'air neuf extérieure (avec filtre) de D100 à 150mm (toujours pour un habitat de taille moyenne) vers le moteur du ventilateur et va se mélanger à l'air venant du capteur !!!
d'un côté le caisson aspire 600/1000m3h pour le chauffage direct , de l'autre côté , il aspire de l'air neuf entre 150 et 250m3/h venant de l'extérieur
cela met la maison en légère surpression , du coup , ça pousse l'air intérieur vers les orifices de sortie d'air vicié par les pièces humides
Dans le caisson, il n'y a pas de zone "air repris". Il y a une arrivée d'air venue du capteur, une arrivée d'air venue de l'extérieur pour refroidir le moteur du ventilateur, une sortie vers les tunnels, un retour des tunnels, une sortie vers un plenum ou un soufflage direct et un rejet vers l'extérieur quand en fin d'été l'air venu des tunnels est trop chaud pour l'envoyer dans le plenum.
La bouche "d'air repris" est situé dans une pièce à vivre (salon non fumeur) et va ensuite au capteur.
Ce qu'il faut comprendre, c'est que la boucle de circulation de l'air est ouverte au niveau du ventilateur, justement par l'arrivée d'air froid venant de l'extérieur et se combinant à l'air chaud venant des capteurs au niveau de l'ouïe du ventilateur. Au niveau du capteur, si on veux un fonctionnement optimum pour l'hiver notamment, mieux vaut n'y faire entrer que de l'air qui vient du séjour (air déjà tiède et respirable) car si on y fais venir de l'air de l'extérieur, alors il sera froid, voire glacial et le capteur en régime hiver aura un peu de mal à proposer de l'air tiède/chaud pour le soufflage en direct dans la maison.

pose geotextile ?
la solution a été de faire un pliage savant dehors, pour ensuite n'avoir plus qu'à déposer le géotextile dans le tunnel et déplier vers les bords. Ensuite, j'ai bloqué les bords avec des bambous, mais tu peux faire ça aussi avec d'autres trucs. Le tout c'est de bloquer la chute du géotextile quand tu passes devant. Pour la terre, j'ai pas trouvé mieux que de passer et repasser le balais dans le tunnel

Hérisson ?
ensuite lors pour la réalisation du hérisson,on utilise des graviers roulés et lavés.
roulés parce qu'il ont moins de surface de contact les uns par rapport aux autres.
lavés pour éliminer les remontées capillaires.
les galets de 20/40 sont le plus souvent utilisés parce qu'ils sont plus facile à mettre en place.
ne pas oublier de damer par couches successives pour avoir un bon compactage.
il ne faut pas non plus en abuser sous peine de dessécher la masse de terre
Ventiler , oui , mais sans forcer , à très faible débit : la différence de pression entre deux façades sous le vent et au vent suffit amplement , ou encore une simple cheminée à tirage naturel

Radon ?
-il faut empêcher le radon de s'infiltrer dans la maison.
déjà,on peut commencer à recouvrir tout les sols en terre battue. même la cave à pinard
ensuite,il faut étancher toutes les remontées des différents réseaux,EU,gaines elec,tel,adduction d'eau,...
on n'oubliera pas non plus l'espace entre les murs et la dalle au niveau des plinthes,...
-il faut diluer le radon par un système de ventilation,mécanique ou naturelle.
-il faut mettre l'habitation en légère surpression soit par un système de VMI genre ventilateur+tunnels ou ventilateur+serre,...
soit par une DF avec le ventilateur d'insufflation tournant légèrement plus vite que le ventilateur d'aspiration.

Utilisation abaque pertes charges (voir abaque)
Exemple: choix du diamètre en se fixant 6 m/s maxi à partir d'un débit imposé : 500m3/h
500m3/h : on suit la verticale correspondant à 500M3/h jusqu'à couper la ligne 6m/s : on voit alors le diamètre le + proche à utiliser et la perte de charge correspondante (en ordonnée)
soit on prend D160 : V=6.8m/s et 6Pa /ml
soit un D200 : V= 4.5m/s et 2.2 Pa au ml

vitesse moteur ?
les vitesses varient selon le moment de la journée , soit en faisant varier le voltage , soit en faisant varier la fréquence du courant

capteur à air:
Les Topsolar étant plus performants que ceux construits artisanalement, absorbeurs en alu, peinture sélective, etc.. il est possible de réduire de 10 à 20% environ la surface des dits capteurs après calculs précis de l'ensoleillement et les

besoins en chaleur hivernaux , par rapport à des capteurs auto-construits qui seront 30 à 50% moins chers
échangeur air eau: lien
Dans sol sableux:
idée: buses béton remplies de galets et alimentées en air par les extrémités ou seraient scellés les tuyaux d'entrée et sortie de façon à empêcher l'entrée du sable
Pas une bonne idée , les Suisses (de l'Université de Genève) y avaient aussi pensé , mais ont abandonné les galets, car le "contenant ", rigide , ne pouvait "épouser" au plus près la forme irrégulière du tas de galets : cela tend à créer des chemins trop larges par où l'air passe plus vite (les "fameux chemins préférentiels ") ; notamment au sommet de chaque buse en béton , les galets se tassant vers le bas ..en laissant des poches d'air en haut
autant utiliser des gabions recouverts de polyane ou EPDM , qui seraient ensuite recouverts de sable bien tassé , sans oublier les tuyaux

Température trop importante sous dalle ?
température supérieure à 50 °c

- déphasage difficilement maitrisable
- problème dilatation béton non maitrisable

énergie stockée ?
l'énergie stockée sur 3 mois est de l'ordre de 3000 ~ 4500 kWh (d'après calculs de mon thermicien adoré de l'INSA Toulouse en 1980) pour un volume de terre de 250~350 m3 sous la maison , suivant sa surface habitable , à laquelle **il faut additionner** l'énergie solaire encore immédiatement utilisable par les capteurs (ou la véranda) en Automne-Hiver , entre Septembre et Mai. le déficit en calories du stockage se situait entre Fin Décembre-début Janvier , compensé par un appoint chauffage modulable et réactif

remplacement galets par réseau tuyaux ?
Les différents résultats des premières expérimentations de ce type "tuyau/ terre" ont commencé bien avant 1974 : INSA Toulouse , ENSI Versailles , et se sont prolongés avec la construction des premiers bâtiments : Hall des Machines de l'ENSI , maison Guy, lotissements divers , etc..
Ces résultats ont mis en évidence la nécessité de MULTIPLIER les tuyaux pour augmenter la surface d'échange , avec moins de 5~6 fois le diamètre du tube considéré pour les écartements entre tuyaux , et sur deux ou trois niveaux au moins , les uns au-dessus des autres (cf CEFIIM) .
Un linéaire de tuyaux trop réduit augmente en effet le réchauffement rapide des parois et donc diminue le rendement de l'absorption de chaleur par la terre , l'air ressortant plus chaud qu'au début du stockage de la matinée .
Cela conduit à un linéaire important de tuyaux (de préférence en grès ou ciment vibré) pour optimiser le stockage/déstockage , et donc le coût , hélas , avec les raccords , les évacuations de condensats ... et évetuelelemnt des galeries de visite

Retour expérience ?
Quelques retours sur la base des factures de chauffage de la part de quelques habitants ou leur satisfaction de ne pas avoir à pousser leur chauffage lors des grands froids , ceci malgré une construction "juste dans les clous de la RT2005":
murs : R de 3
toiture R= 4.5 à 5
Doubles vitrages d'avant 2000 , donc moins performants que les vitrages actuels
Véranda fournissant l'air chaud pour le stockage en ETE
Qualité moyenne de l'étanchéité à l'air , notion alors inconnue des entrepreneurs .. avec quelques ponts thermiques faits à mon insu
La dernière réalisation (1999) : 125 m2 habitables , 3 stères de bois, 18 à 25 €/mois Edf+GDF pour ECS + cuisine + petits radiants chambres et SDB+ éclairage + VMI (ventilateur de 245W de puissance maximale) , sur factures présentées par les habitants .
Une étude du cabinet Izuba (Gefosat) de Montpellier avec simulation thermique dynamique avait conclu à une couverture des besoins de chauffage de 73% , sans risque d'inconfort d'été .
Avec un niveau d'isolation plus poussé et des DV plus performants , la couverture aurait été supérieure à 85~90% ; il faut tout de même tenir compte de la consommation du gros ventilateur (245W en été , 150 en Hiver) qui fait aussi office de VMI.

Rendement capteur ?
Sur la vitre arrivent environ 1000W/m2 par très beau temps clair
on perd environ 15% par réflexion sur la vitre (donnée fixe quelle que soit la T° du capteur)
reste 850W/m2
l'absorbeur se met à chauffer mais sa T° dépend du débit du fluide calo-porteur derrière la plaque de métal
Débit= 10 m3/h : la T° peut alors grimper à 80~90°C à la surface
A cette température , la plaque re-rayonne vachement vers la vitre qui re-rayonne à 50% vers l'extérieur + les courants

de convection : 300~400W perdus
Pertes aussi sur les bords , dans les gaines et par l'arrière du capteur, : disons 80~100W
Reste plus que 850 - 400 - 100 : 350 W qui passent dans 15m3/h d'air porté à 80°C (toujours à peu près au pif)
ce qui corrobore aussi la formule : W=0.34*15*(70°C) = 357 W transportés dans un flux d'air à 70°C et à 15m3/h
On peut vouloir 70°C et se contenter de "surchauffer" une masse de galets ou chauffer de l'eau en été à 60°C via une batterie air-eau
mais au détriment du rendement du capteur = 0.35 ...
En augmentant le débit d'air à 30m3/h , on fait baisser la T° de l'absorbeur vers les 60°C
le ré-rayonnement vers l'extérieur diminue (200~300), de même que les pertes latérales ,par l'arrière et par les gaines : disons 50~60W
Au final , sur les 850W arrivés sur l'absorbeur , ne reste plus que 490 W
pour de l'air à 50°C~55°C
ce qui correspond à peu près à la formule W=0.34*30*50°C = 510 W
Cette température est suffisante pour réchauffer un stocke de galets par exemple ou pour chauffer l'intérieur d'une maison avec ses murs massifs
rendement du capteur = 0.50 ....
1000W: c'est une valeur approchée de l'irradiation solaire arrivant sur la vitre par grand beau temps et nébulosité négligeable à midi solaire , quand le soleil est au zénith , le maximum pouvant être atteint en Juin et au Sud de la France dans notre hexagone

utilisation outil calcul irradiation (voir fiche « principe ») ?
Dans ce cas dans le tableau de résultat tu obtiens l'irradiation sur une plaque horizontal, l'irradiation à l'angle optimal (calculé automatiquement et affiché dans le texte au dessus) et l'irradiation à l'angle que tu as sélectionné.
Se sont des moyennes en kwh/m²/jour
En connaissant ta surface de capteur tu as alors accès à une donnée en kwh/jour suivant le mois étudié.
Il te reste à connaitre le rendement de tes capteurs pour obtenir l'énergie moyenne reçus par jour suivant le mois étudié.
La 4ième colonne du tableau t'indique également l'angle optimal d'inclinaison en fonction du mois ce qui peut être très utile si tu souhaites optimiser ta production sur une certaine période.

Déperdition thermique dalle ?
par le bas: impossible de placer un isolant à 3m de profondeur sans surcoût important (excaver tout le volume de terre , etc) : on laisse tomber , vu le gradient thermique faible à 3m , les pertes seront limitées
sur les côtés , par rapport à la position du tunnel = on descend autant que possible une isolation périphérique , plaquée contre le soubassement des fondations : 1 à 1.50m de profondeur : ca limite les pertes latérales dans une bonne proportion

quelle épaisseur ?
10cm en partie basse , 15 cms sur le dernier mètre au-dessus si tu fais une isolation sur 2m de profondeur

qualité terres pour tunnels ?
la meilleure terre au point de vue capacité thermique est la glaise ou l'argile limoneuse bien compactée , après on a , par ordre de décroissance des perfs :
schistes ou mélanges de roches dures (basalte) et de marne , etc..
argile sablonneuse
sables et graviers
sables

manchons « maison » ?
C'est un manchon maison fabriqué avec les chutes d'EPDM utilisé pour entourer les galets. Coupés à longueur du périmètre du tube de 200 soit 628 mm et 150 mm de large, je les ai collés avec de la colle spéciale EPDM (double encollage à laisser sécher avant de maroufler avec force grâce à un petit rouleau) avec 4 cm de recouvrement, puis enfilés sur les jonctions des tubes PVC non collés qui servent de joint de dilatation et manchon collés avec la même colle sur un côté (le plus gros), l'autre restant libre et serré contre le tube de 200
Compte tenu de la vraie pression de travail , ce genre d'assemblage "souple" est parfaitement pertinent pour un réseau aéraulique où la pression ne risque pas de dépasser 200 à 300Pa (20 à 30mm H20 ou 0.03mH2O , soit 0.003 bar..)
Or l'électrosoudage est réservé aux réseaux d'adduction eau sous pression , de 6 à 16 bars.... (soit 60 à 160 m d'eau...)

diffusion chaleur tunnel ?
la terre autour des tunnels ne s'échauffe pas de la même valeur côté entrée et côté sortie , la différence atteignant environ 2 à 4 °C

sondes température ?
Voltcraft K204 avec 4 entrées et 4 afficheurs + sondes PT100 , ou KIMO ou les boutons enregistreurs .

Régulation ?
Pour ma part , ca marchait aussi bien en "tout ou rien " : quelques relais de puissance , un inverseur , deux ou trois thermostats à 30€ avec bulbe gaz dans le flux d'air venant du capteur à air , chaque thermostat étant réglé sur un seuil défini (25 , 30 et 40°) et commandant l'une des vitesses du ventilateur
le top étant évidemment un variateur à fréquence , un moto ventilateur en triphasé (180 W environ) , la sonde du variateur étant dans le flux d'air = variation continue et progressive du débit proportionnellement à la T° de l'air
les registres avec vérin motorisé BELIMO NM24 VCC dirigeront l'air soit vers le réseau d'insufflation en hiver le jour si l'air venant des capteurs est > à 25°C ; en dessous de 18°C , ils forceront l'air neuf extérieur à repasser par les galets du soir au matin = on récupère donc une partie de la chaleur emmagasinée tandis que l'autre partie continue à se diffuser vers la dalle du RDC .
En été , via un inverseur , on permute le sens de fonctionnement des registres : le stockage est "ouvert" côté capteurs , le réseau d'insufflation étant alors alimenté en air rafraîchi par les galets au début de l'été jusqu'à mi-juillet à peu près ceci durant le jour ; la nuit , le réseau d'insufflation est ouvert sur l'air extérieur frais = sur-ventilation pour rafraîchir les murs intérieurs .