

DESIGN SERRE BIOCLIMATIQUE

JEAN PERRON

Ce dernier chapitre, essentiellement rédigé en 2018, a fait l'objet d'une mise à jour en avril 2019, lors de la remise de la version définitive au client, Jean Perron. Cette étude a permis à Jean d'étudier les aspects techniques, financiers et organisationnels et de prendre la décision de la construire.

Cette serre a été construite de fin septembre 2019 à la mi octobre 2019.
Un aperçu du chantier est visible sur [cette vidéo](#).

SOMMAIRE :

	PAGE
INTRODUCTION	207
RAPPEL DES BESOINS EXPRIMÉS	208
PANORAMA DE SERRES BIOCLIMATIQUES WALIPINI	209
PRÉCONISATIONS DE CONCEPTION	212
OBSERVATIONS SUR PLACE, PLANS, DIMENSIONNEMENT	212
ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES ET FONCTIONS	213
ÉTUDE SOLAIRE	213
ÉTUDE THERMIQUE, ISOLATION, EQUATION PERTE DE CHALEUR	214
GESTION DE L'AIR	217
GESTION DU CYCLE DE L'EAU	218
GESTION DU SOL	219
ENVELOPPE PRINCIPALE	221
AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR	222
PLANS	223
ELEMENTS, NOMENCLATURE ET CHIFFRAGE / CONTACTS	224
RÉALISATION DE LA SERRE	224
PLANNING	226
OPTIONS	226
CONCLUSION	228

Références, annexes sous forme d'un dossier numérique :

- [Etude économique et calculs techniques](#)

- [Planning de réalisation](#)

- Plans :

- [Fondation-plan-serre-BC.png](#)

- [plan-serre-BC-JP-V1.pdf](#)

- Plans-serre-BC-JP-V2 :

- [Plans-serre-BC-JP-V2/serre-bio-climatique-jean-perron0.pdf](#)

- [Plans-serre-BC-JP-V2/serre-bio-climatique-jean-perron1.pdf](#)

- [Plans-serre-BC-JP-V2/serre-bio-climatique-jean-perron2.pdf](#)



ÉTUDE SERRE BIOCLIMATIQUE

Commandée par Jean Perron en août 2018, réalisée entre septembre et décembre 2018

Localisation

1225 Les engrageois 71580 Le Fay

Coordonnées GPS

46°38'31,59" N 5°20'20,52" E



INTRODUCTION

Cette étude présente des éléments de réponse pour un projet de serre bioclimatique porté par Jean Perron. La démarche utilisée en amont est une formation en ligne proposée par l'Académie Adapt- SolutionEra, intitulée Serre d'Abondance. Elle présente la serre conçue par Luc Muyldermans au Québec. En terme d'hivernage, ce qui fonctionne au Québec devrait au moins aussi bien marcher en France...

Les notes de cours prises à cette occasion figurent à l'Annexe 0 - Formation Solution Era : dans ce dossier, voir le document : **FORMATION ACADÉMIE ADAPT-serre BC.rtf**

Egalement une exploration grand angle des solutions existantes est présentée ci-dessous dans la partie panorama. Nous en dégagerons les grands principes et les grands facteurs / paramètres influant sur son fonctionnement, pour en déduire une conception adaptée au besoin formulé.

Rappelons les fonctions clés de la serre :

Son ACCÈS : Accès par la grange (porte large) et sortie vers le jardin, en face.

La gestion de l'EAU, de l'AIR et du SOL seront les facteurs clés pour les plantes. Combiné aux critères d'utilisation, cela va orienter la conception des STRUCTURES FIXES, compte tenu de l'environnement observé.

Les SECTEURS, ZONES et les FACTEURS LIMITANTS seront repris dans la conclusion.

RAPPEL DES BESOINS EXPRIMÉS

Contexte :

Le projet de vie depuis 2015 : pratiquer une permaculture légère, pour le bien de la nature et de la faune, une nourriture saine et le plaisir des yeux.

Besoins :

Une serre accolée à la maison, positionnée contre le mur nord de l'ancien hangar.

Cette serre bioclimatique sera semi-encastrée, et réalisée dans des conditions proches de l'auto-construction.

FONCTIONS :

- avancer les dates des semis de printemps
- prolonger certaines récoltes à l'automne
- mettre hors gel des plantes en conteneurs délicates

En bref, il s'agit d'effectuer des cultures toute l'année dans une serre qui sera aussi le support d'activités ludiques.

Par la suite, le développement d'un système en aquaponie est envisagé.

Objet de l'étude :

Imaginer en fonction de la superficie, les combinaisons de fonctionnalités et d'équipements possibles.

Déterminer si pour l'optimum souhaitable d'isolation et d'inertie thermique, le positionnement 3D envisagé respecte la distance minimale obligatoire par rapport au niveau maximum de la nappe phréatique.

Enfin il faudra voir quelles seront les implications pour le mur d'appui (consolidation, protection, isolation voire abaissement de la hauteur pour réduire le pont thermique).

Note :

Cette réponse, en tant que solution préconisée est bien sûr susceptible d'être révisée, en fonction d'arbitrages ou de critères complémentaires donnés par le maître d'ouvrage.

PANORAMA SERRES

Une serre est un abri constitué principalement de verre ou d'une pellicule de plastique, destiné à faire pousser des plantes au chaud. Les serres traditionnelles sont souvent constituées de châssis métalliques vitrés, comme la photo ci-contre d'une serre du siècle passé,, de tailles variables selon leur utilisation.



cadre en bois et un simple vitrage exposé au soleil permettent de hâter ou prolonger les cultures. Pour plus de détails, voir l'article présent dans le dossier «supports» : **3-Serre — Wikipédia.pdf**

Cette serre sert d'enveloppe pour une habitation, tandis que les serres spécifiques présentées ci après sont un résumé du dossier «panorama»:

1-Serres passives chinoises à accumulation d'énergie | Autonomie alimentaire et énergétique.pdf

Serres de grande taille qui restent hors gel grâce à un mur de masse, une grande surface exposée en forme de demi-lune et souvent partiellement encastrées. De grande surface, elles sont peu chères à construire car la surface transparente est formée de deux couches de film plastique, assurant une isolation partielle, et renforcée par une natte qui peut recouvrir la partie supérieure de la serre pour améliorer son isolation. Rudimentaires, et de faible coût, elles sont efficaces dans un climat comparable au nôtre.

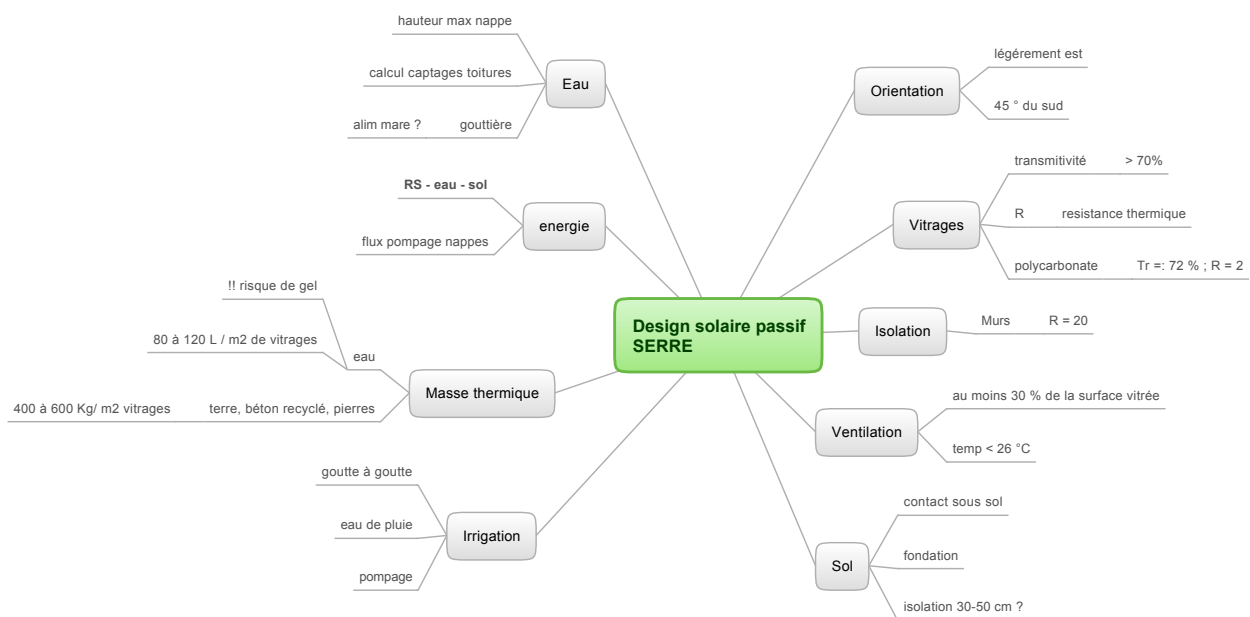
2-Serre bioclimatique - Mon potager en carrés.pdf

Cet article montre une serre en structure bois, d'aspect traditionnel. Une partie de la structure, en bas de page est une source d'inspiration avec deux grandes améliorations possibles :

- l'optimisation de l'orientation des pans de toit
- la base en bois peut être remplacée par une plus grande surface de vitrages et un petit muret émanant des fondations.

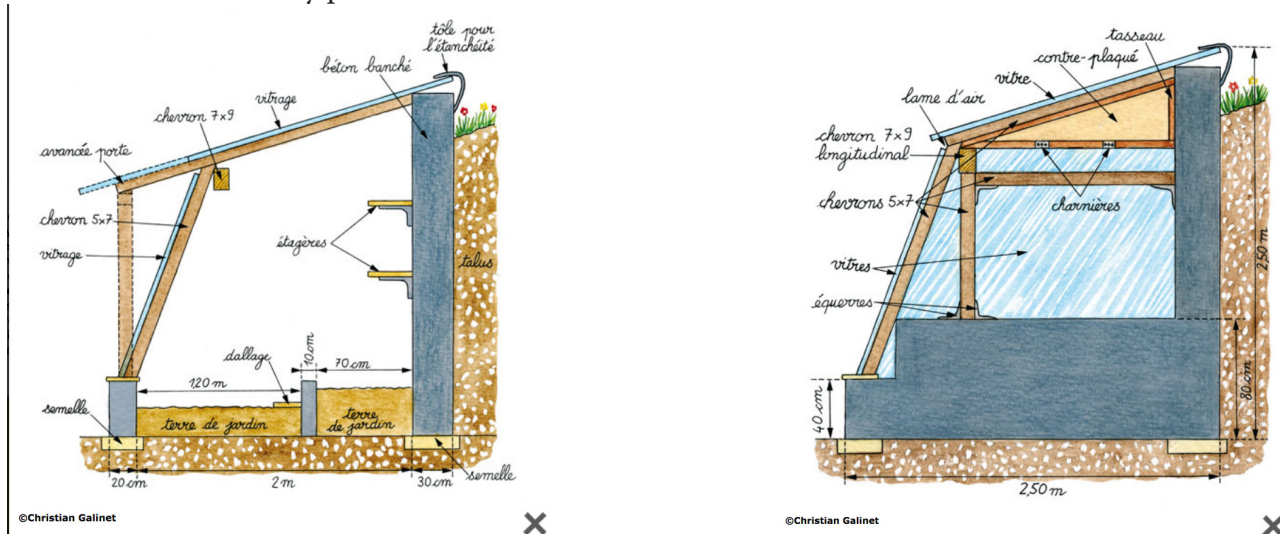
3-7 Tips for Passive Solar Greenhouse Design – Verge Permaculture.pdf

Nous avons déduit de cet article les paramètres de conception suivants :



4-Article serre adossée Terre Vivante

Cet article présente une serre adossée avec une conception me paraissant intéressante : toiture à deux pans inclinés, inertie thermique avec un bassin. Cependant, le mur de 30 cm en béton banché devrait avoir une semelle différente : celle d'un mur de soutènement. C'est une configuration proche de celle existant à Le Fay pour le mur,



5- How to Design a Year-Round Solar Greenhouse | MOTHER EARTH NEWS ».pdf

L'article complète le schéma présenté ci-dessus, en recommandant d'isoler le mur nord, ainsi que toutes les autres parois (est et ouest), ainsi que le sol. En termes d'exposition, il recommande un régime hiver et un régime été, en combinaison avec une masse thermique assurant le déphasage thermique. A la page 7 on voit un mur de bidons noirs assurant cette masse thermique.

5-Solar Sunspaces and Greenhouses

<https://www.builditsolar.com/Projects/Sunspace/sunspaces.htm#Greenhouse%20Plans>

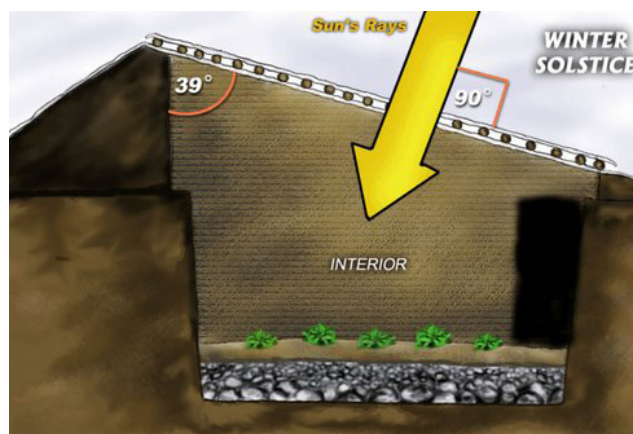
Sur cette page web, une multitude d'autres conceptions et des focus sur des parties techniques. Hélas plusieurs liens ne fonctionnent plus.

6-bien concevoir une serre bioclimatique-ARC_FICHER_1631_1224664525.pdf

Cet article étudie les interactions serre-maison en fonction de la saison et détaille différents usages. Il préconise des ouvertures basses et hautes pour la ventilation et explore les matériaux possibles. Je retiens la phrase «les structures composites bois-aluminium représentent un bon compromis». Enfin, la typologie des serres selon la zone climatique nous invite à explorer un hybride entre et 3.

WALIPINI

Walipini signifie îlot de chaleur en bolivien. Ce type de serre semi-enterrée se développe depuis les années 1990 en Amérique du sud. Elles utilisent l'inertie thermique du sol et placent ainsi les vitrages au raz du sol ce qui permet de bénéficier des premiers rayons de soleil le matin et de rester éclairées un peu plus longtemps le soir. Le schéma ci-contre en montre le principe, mais vu l'angle indiqué, il s'agit d'une serre utilisée à une latitude proche de l'équateur ...



Les articles suivants sont inclus dans le dossier panorama : un sous dossier Walipini avec 3 articles :

0-Creuser une serre souterraine Consommer Durable.pdf

Cet article présente les grands principes de la serre enterrée. Il indique que ce type de serre permet de conserver les températures dans une plage de températures réduite. Dans la réalisation il faut apporter un soin particulier à l'imperméabilisation sous peine d'avoir de l'eau qui s'accumule en fond de serre par fortes pluies.

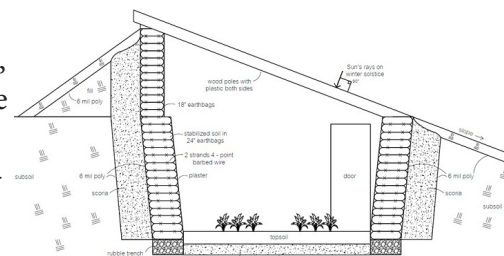
1-serre semi-enterrée-orchido.pdf

Émanant d'un prestataire réalisant ce type de serre, cet article montre l'intégration esthétique de la serre et donne des pistes pour son équipement : récupération d'eau de pluie, brumisation programmable, mur végétal, systèmes de suspension, étagères. Il recommande le polycarbonate en toiture. Une bâche PVC blanche tamise les rayons du soleil sans supprimer la luminosité.

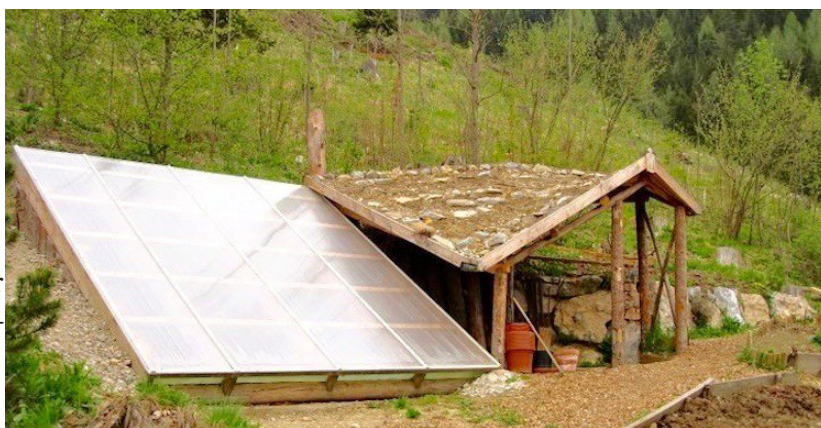
Une option possible est une pompe à chaleur réversible : elle permet de réchauffer la serre en hiver et de la rafraîchir en été et assure une ventilation indispensable pour éviter les moisissures. Mais cela consomme de l'électricité...

2-Connaissez-vous le walipini / une serre semi-enterrée .pdf

Cet article donne une traduction intéressante du terme Walipini : serre géoclimatique. Il indique qu'en auto-construction, c'est abordable en utilisant des matériaux locaux. Par exemple en earthbags comme sur le croquis ci-contre. La photo en haut de l'article est intéressante pour l'inspiration de l'aménagement intérieur.



En raison de la proximité de la nappe phréatique, il n'est pas recommandé de se lancer dans une serre Walipini pour la serre envisagée à Le Fay, car le creusement se fait généralement à 1,50 m ou plus. Nous retiendrons cependant l'idée de gagner de l'espace en profondeur autant que possible et de bien exposer la terre au soleil dans la serre.



La photo ci-contre peut donner la piste intéressante d'une serre semi enterrée, L'appentis avec un toit végétalisé assez esthétique, est probablement localisé dans l'hémisphère sud, sinon il serait placé du mauvais côté, à l'est, en ombrageant la serre le matin.

Contrairement à la serre d'abondance qui a un pan unique à 45 °, je préconise deux pans .

Le premier d'un angle proche de 60 * le second proche de 30 *

Le premier maximise l'entrée de lumière en hiver

Le second, avec un système d'occultation, si possible isolé permet de régler l'entrée de lumière l'été et gagner en isolation l'hiver

PRÉCONISATIONS DE CONCEPTION

OBSERVATIONS SUR PLACE

L'orientation est parfaite: exposée à l'est et plein sud et abritée des vents dominants par la maison. La serre trouvera son emplacement dans l'enceinte de l'ancien hangar.

Dans une configuration libre, on pourrait décaler de 10 à 15° l'angle d'exposition, vers l'ouest si les matinées hivernales sont brumeuses et vers l'est si elles sont dégagées.

Un mur de parpaings (désigné par mur nord par la suite) en relativement bon état peut servir d'appui structurel.

PLANS

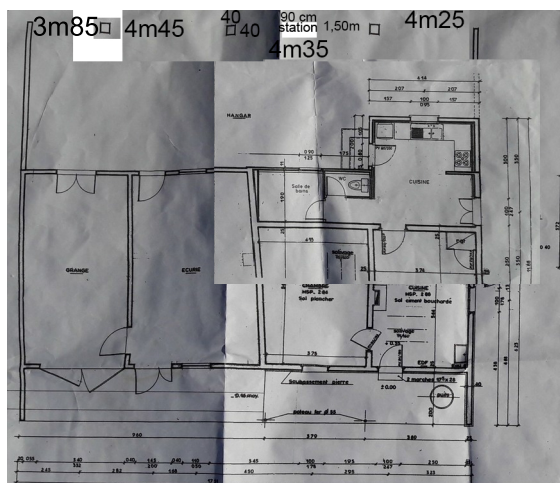
Épaisseur du mur nord : 20 cm

Largeur Grange 395 cm

Sortie Ecurie 435 cm (plan façade avant) ou 445 cm relevé en façade arrière

Longueur du mur de l'ancien hangar : 5,80 m

Les cotes entre les poteaux ont été ajoutés sur le plan ci-contre.



DIMENSIONNEMENT

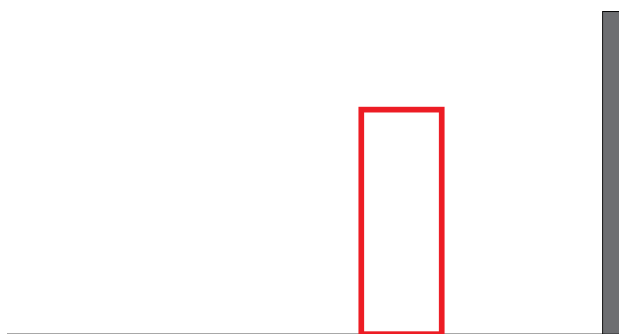
Au vu de ce qui précède, la largeur maximale est de 4,45 m et si on veut rester dans l'enceinte de l'ancien hangar, et ainsi profiter de l'appui structurel du mur nord, long de 5,80 m, on arrive à une surface occupée de **25, 81 m²**.

Cela semble être la surface maximale d'une serre compacte dans la configuration pressentie. Si on condamne également la sortie des écuries, une serre beaucoup plus grande est également envisageable. Et il est également possible de l'agrandir en longueur, mais il faudra dans ce cas une autorisation administrative, car on sort du périmètre de l'enceinte bâtie.

Le ratio Longueur sur Largeur est de 1,3 ce qui en fait une serre relativement large. En effet les meilleurs ratios se situent entre 2 et 3. Ainsi une serre plus compacte (donc moins large) pourrait aussi être envisagée si les surfaces de culture proposées semblent trop importantes. Si elles conviennent, nous contournerons cette limitation par l'adjonction d'un 2e pan, dit de toiture.

Sur le croquis c-contre en rouge, la surface occupée par le principal utilisateur de la serre. En gris la hauteur du mur nord (en parpaings) et la largeur utilisable en marron permet de se représenter l'existant.

Soulignons qu'au vu des besoins exprimés, il est utile d'avoir un raisonnement sur la largeur en tant qu'utilisation fonctionnelle.

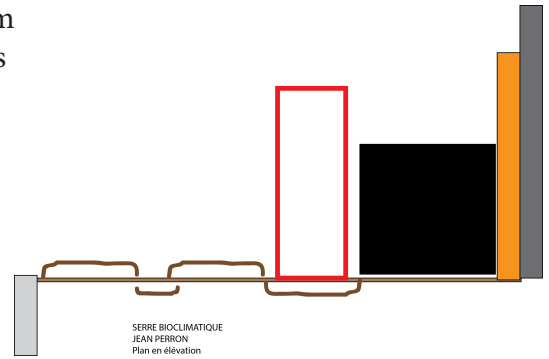


En réservant une bande de 120 cm pour les cubitainers, éléments d'aquaponie, étagères de semis ou de culture en bacs, une allée principale de 80 cm de large semble confortable pour circuler, y compris avec une brouette de 60 cm de large bien chargée.

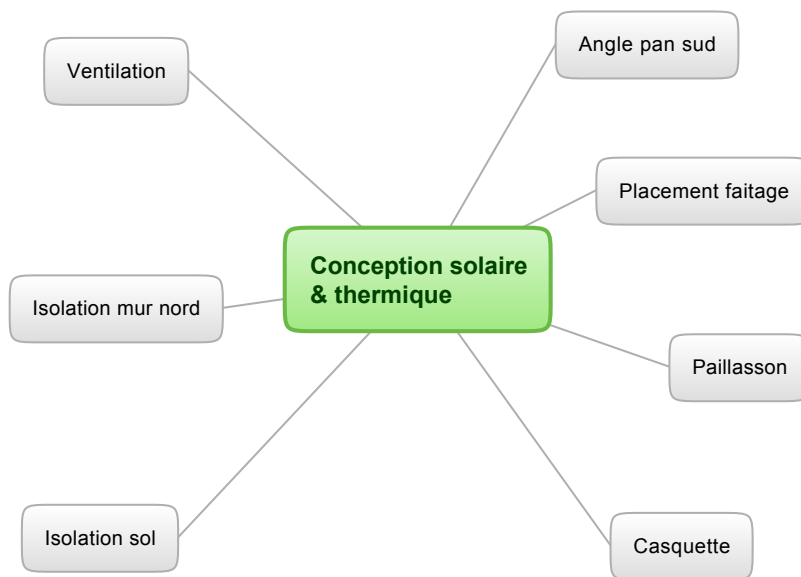
En soustrayant 20 cm de large pour le muret de fondation et 20 cm d'isolant dur le mur nord, on a

4,05 m utiles. Si on soustrait les 2 m déjà utilisés, il reste 2,05 m de large pour les cultures, pouvant se répartir en deux planches de culture de 80 cm de large et un passe-pied intermédiaire de 45 cm.

Nous pouvons aussi retenir le principe d'un décaissement d'au moins 20 cm sous le niveau du sol pour l'allée et le passe-pied, ce qui permet d'accéder à la terre avec moins d'efforts tout en pouvant enjamber les planches facilement. En fonction de ce paramètre on pourra relever le niveau du sol à l'endroit des planches de culture avec la terre végétale et composts ajoutés.



ÉTUDE DES CARACTÉRISTIQUES ET FONCTIONS



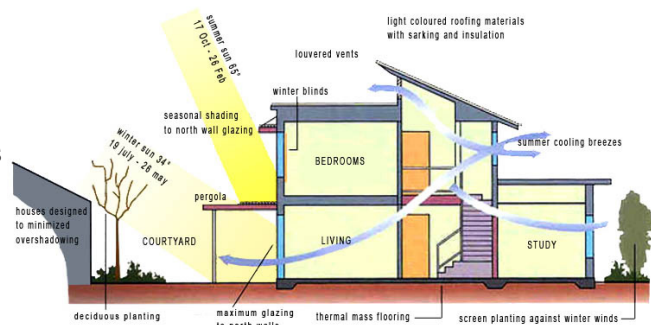
La carte mentale va guider nos investigations de conception. Une serre à deux pans complémentaires : maximisation du soleil d'hiver pour le pan 1 et multi-fonction pour le pan 2. Le paillason et la casquette seront fondus en un seul élément intégré au pan 2, ce qui lui ajoutera les fonctions d'ombrage et d'isolation renforcée. Nous étudierons plus loin la ventilation et l'isolation du sol.

Mur nord

Le mur d'appui nécessite une réflexion particulière, car si son inertie thermique nous intéresse, ce mur est exposé au Nord, et sera donc plutôt froid en hiver. Son isolation par le côté nord sera compliquée et laissera au moins un pont thermique avec sa jonction à la maison. L'option de le conserver comme appui structurel et de l'isoler côté serre (sud) impose de recréer l'inertie thermique dans la serre. Puisque l'eau, est le meilleur matériau, cette inertie thermique pourrait se créer avec des cubitainers (noirs de préférence pour capter la chaleur). En complément on utilisera l'inertie thermique du sol (avec des fondations isolées).

ÉTUDE SOLAIRE

La couleur du parement intérieur serre (contre ce mur, après l'isolant) sera blanc brillant ou satiné pour réfléchir au mieux la lumière vers les plantes. Les usages de la serre seront abordés plus loin. La première caractéristique d'une serre bioclimatique ou passive est d'optimiser l'utilisation du rayonnement solaire.



D'après l'article Wikipédia (voir dans le dossier «supports»), l'architecture bioclimatique s'appuie sur trois axes :

1) capter l'énergie solaire et celle apportée par les activités intérieures,

La conversion en chaleur de la lumière doit se faire prioritairement au niveau du sol.

2) la diffuser ou s'en protéger, la conserver ou l'évacuer en fonction du confort recherché.

Maintenir un équilibre thermique adapté

Ne pas dégrader la qualité lumineuse

Permettre la diffusion thermique par le système de ventilation et la conductivité thermique des parois

Ainsi, à partir des coordonnées géographiques, nous connaissons la latitude, ce qui a conduit vers l'étude solaire au préalable, donnant la position du soleil au cours de l'année. Les détails sont présentés à l'**Annexe 1- ETUDE SOLAIRE-SunEarthTools_SunPath_1543847307358**.

Il s'agit du rapport solaire Sunearthtools obtenu sur :

https://www.sunearthtools.com/dp/tools/pos_sun.php?lang=fr

En nous référant au croquis solaire en élévation de la page suivante, nous en déduisons:

20° de pente max au solstice d'hiver

Soit $90-20 = 70^\circ$ de pente versant sud -pan 1

67° de pente max au solstice d'été

Soit $90-67 = 23^\circ$ de pente versant sud - pan 2



Course du soleil le 21 décembre. La zone jaune délimite la course du soleil le reste de l'année (le 21 juin correspond à la ligne du haut).

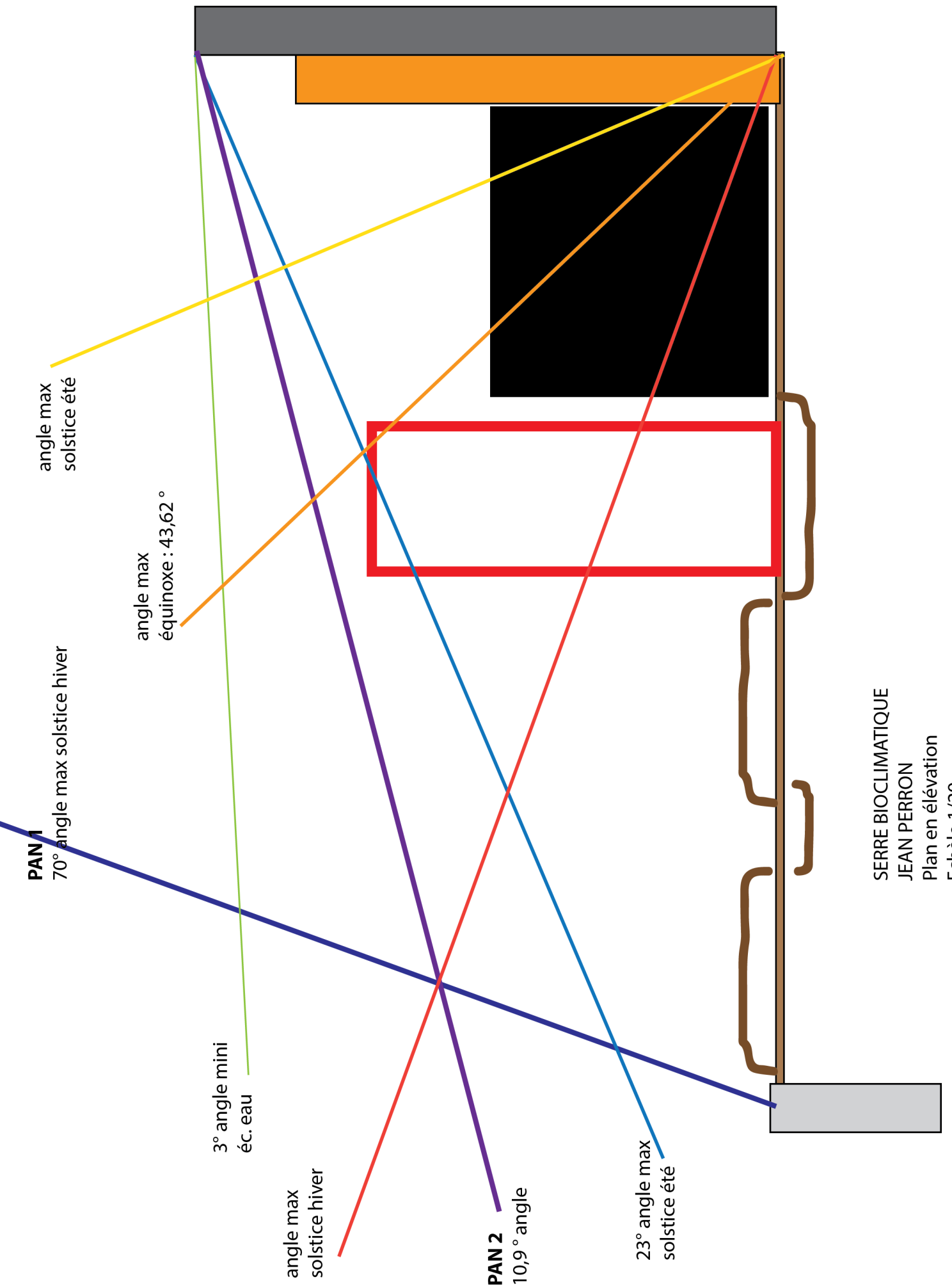
ÉTUDE THERMIQUE

Nous allons considérer deux facteurs principaux : isolation et masse thermique.

ISOLATION

Conductivité thermique λ (lambda)

La conductivité thermique λ (lambda) d'un matériau représente le flux de chaleur qui passe en une seconde à travers une surface de 1 m² et une épaisseur de 1 m (autrement dit à travers un cube d'un mètre de côté), lorsqu'il y a une différence de température de 1°C (équivalent à un degré Kelvin)



SERRE BIOCLIMATIQUE
 JEAN PERRON
 Plan en élévation
 Echèle 1/20

entre l'intérieur et l'extérieur. Son unité se donne en watts par mètre et Kelvin: $W/(m.K)$

Plus λ est petit, moins le matériau laisse perdre de chaleur pour une même épaisseur.

La **valeur U** donne une information sur la performance d'isolation d'un élément de construction (mur, toit, plancher, porte, fenêtre...) Elle indique la quantité de chaleur qui passe en une seconde à travers une surface de 1 m² lorsqu'il y a une différence de température de 1°C entre l'intérieur et l'extérieur. L'unité de la valeur U se donne en watts par mètre carré et Kelvin: $W/(m^2.K)$

Plus la valeur U est petite, meilleure est l'isolation thermique et moins l'élément laisse perdre la chaleur. La valeur U d'une couche isolante dépend de la conductivité thermique λ (lambda) du matériau et de son épaisseur : -

$$U = \lambda / \text{épaisseur}$$

Deux valeurs inverses : $R = 1/U$ et $U = 1/R$

Qui mesurent le facteur isolant d'un matériau : valeur R élevée et valeur U faible

Résistance thermique : R, exprimée en $m^2 \cdot ^\circ C/W$

Elle indique la tendance d'un élément de construction à résister au passage de la chaleur.

Valeurs R

Résistance thermique minimale (Facteur R)

Ces valeurs R constituent le minimum requis afin de préserver une bonne qualité de vie des occupants et pour conserver l'intégrité des matériaux du bâtiment. Afin d'obtenir un meilleur rendement au niveau de la consommation d'énergie du bâtiment, il est possible d'augmenter la valeur de ces résistances thermiques. Le résultat se traduira par des économies de chauffage et de climatisation.

La valeur RSI (Valeur R Système International) correspond à la résistance thermique du Système international des matériaux isolants alors que la valeur R correspond à la valeur impériale. Pour convertir la valeur R en valeur RSI, il faut multiplier la valeur R par 0,1761. Pour faire la conversion inverse et obtenir la valeur R, on divise la valeur RSI par 0,1761.

Dans le cadre des serres bioclimatiques, on recommande un R12 ou plus pour le mur nord. En se reportant à l'étude thermique fournie en annexe : **Annexe 2- Isolation Mur_Nord_JP.pdf**

Cette étude a été réalisée à l'aide du site :

<https://www.ubakus.de/u-wert-rechner/?#>

Elle confirme que la laine de chanvre pour le mur nord en 18 ou 20 cm associée à une lame d'air donne des résultats satisfaisants. RSI de 4,9 soit R28.

La laine de chanvre est peu sensible à l'humidité, mais tout autre matériau écologique résistant bien aux conditions humides pourrait être utilisé.

<https://www.alsabrico.fr/isoler/materiaux-d-isolation-ecologique/chanvre/panneau-de-laine-de-chanvre-isolant-biofib-chanvre.html>

Une valeur R20 à R36 est nécessaire pour les murs (Est et Ouest). Nous referons la même simulation thermique pour ces deux parois quand nous connaissons leur composition exacte. On pourrait prévoir l'isolant laine de chanvre 20 cm pour le vestibule avec pare vapeur coté intérieur serre, et pour le mur Est, même isolant mais cette fois avec un frein vapeur coté intérieur, une ossature bois constituée de caissons isolants, fermés coté extérieur par des panneaux type Agepan ou un pare pluie perspirant avec un bardage bois. Une alternative possible : paille pour le mur Est en 36 cm d'épaisseur, qu'il faudra trouver localement approvisionner séparément.

Pour le toit, dans sa partie la plus haute occultée il est souhaitable d'avoir une valeur R30 à R40. Avec une épaisseur de laine de chanvre de 32 cm (2 x 16 cm) on obtient une valeur R48, au delà de la valeur préconisée. Si des contraintes techniques apparaissent, nous pourrions réduire cette épaisseur.

Options :

Bâche blanche

Dé-pliable sur la partie vitrée de toit, elle limite les entrées de chaleur en été. Cette bâche permet un ombrage partiel en été avec diffusion de lumière.

Paillason

Enroulable, il permet un ombrage plus conséquent et a un effet isolant par grand froid ou grande chaleur.

Rideau isolé

C'est la version «luxe» avec possibilité de commande électrique voire d'automatisation.

Il assure la même fonction que le paillason avec de meilleures performances mais un budget complémentaire d'environ 3 k€ !

Pour la réalisation, il faudra soigner les joints, rendre les raccords étanches à l'air pour éviter les pertes thermiques et les transferts d'humidité

ÉQUATION PERTE DE CHALEUR

$$P = U \cdot A \cdot (T_{int} - T_{ext})$$

A : aire du matériau, et différence de température entre intérieur et extérieur

Valeur U: indique la quantité de chaleur qui passe en une seconde à travers une surface de 1 m² lorsqu'il y a une différence de température de 1°C entre l'intérieur et l'extérieur.

Si on se fixe de rester hors gel à +1°C et que le mini extérieur est de -15 °C on a un delta de 16 °C.

Cf. feuille de calcul **COÛTS SERRE.ods** à l'onglet calculs divers.

Permet de dimensionner la puissance du système de chauffage additionnel.

Inertie et masse thermique

Pour choisir les matériaux, il faut comparer leur capacité thermique exprimée en kJ/kg/°C : l'eau est classée loin devant, puis le sol humide, puis la roche, le béton.

Avec un volume intérieur de 40 m³ environ, et une surface vitrée de 15 m², la serre envisagée devrait au moins intégrer : 120 x 15 = 1 800 litres. Il faut donc en théorie au moins 2 cubitainers pour assurer l'inertie thermique. Comme la serre a un ratio longueur / largeur faible, je recommande de majorer de 50 % ce volume d'eau, pour le stocker dans **3 cubitainers**. C'est le minimum de stock d'eau à garder dans la serre.

GESTION DE L'AIR

Par effet de serre, les températures de la serre dépasseront 40 °C dès le printemps sans gérer l'air chaud produit. Lors des par jours chauds, il est recommandé de pouvoir aérer la serre de part en part, en utilisant les parois latérales. Cela pourrait se combiner avec les accès (porte grange et sortie jardin en bout de serre).

A cette première ventilation passive peut s'ajouter l'ouverture de portions de vitrages commandés par des vérins automatiques et une sortie d'air en toiture, obturable l'hiver.

Une version plus évoluée est une **cheminée solaire** d'extraction comme celle utilisée dans la serre de Martine (voir la vidéo sur la serre de Martine dans la section bonus de la formation Académie Adapt et l'article **1-Cheminée solaire — Wikipédia.pdf** dans le dossier «supports»). Dans ce cas, il faudra prévoir des entrées d'air obturables en partie basse, qui pourraient être percées dans le mur nord pour avoir de l'air frais. Mais avec l'isolation du mur nord cela va compliquer les choses pour la réalisation. En plaçant les ouvertures en partie basse des vitrages coté sud, on fera entrer de l'air plus frais que dans la serre, qui sera évacué en partie haute, assurant une aération plus complète.

Certains systèmes renvoient l'air chaud dans l'habitation à l'inter-saison. D'autres évacuent l'air chaud dans une tuyauterie enterrée par stocker les calories dans le sol (type puits provençal). Cela peut faire partie d'options à considérer.

Ventilation

Une extraction d'air ou ventilation se placera au point haut, proche du mur nord avec ouvertures au point bas au sud (et/ou Est).

L'aération haute aura une ouverture 15% plus importante que la basse, pour compenser la dilatation de l'air ascendant qui s'échauffe.

En passif, cad. sans ventilation mécanique, les **ventilations basses et hautes**, représentent environ 25% à 30% de la surface vitrée, soit 4,2 m² en bas et 4,8 m² en haut.

Cependant les ouvertures basses et hautes devront être bien hermétiques. Cette option va compliquer la réalisation en partie basse de serre.

Une **ventilation mécanique contrôlée** est relativement aisée à installer, mais va consommer de l'électricité.

La dernière possibilité sera une **cheminée solaire** pour l'extraction de l'air chaud.

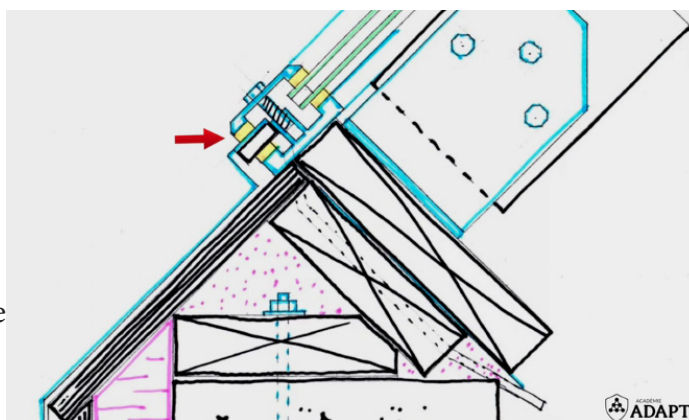
Le choix de la ventilation dépendra des orientations prises, en matière d'isolation, de vitrages. Il faudra retenir un procédé ou combiner les possibilités ci-dessus.

GESTION DU CYCLE DE L'EAU

La serre étant un endroit humide (humidité du sol, arrosages, évapo-transpiration...), il conviendra de traiter les parois exposées avec un pare-vapeur. Les pièces de bois seront traitées avec une lasure anti-humidité.

Par rapport aux ruissellements de condensation, un soin particulier sera apporté à la protection de la lisse basse, avec un système pouvant s'inspirer de la serre de Luc M.

La fixation des chevrons (supportant les vitrages fixés par couvre-joints) par une équerre permet d'avoir une lame d'air à leur base, empêchant leur pourrissement.



Amont - collecte d'eau

La surface de toiture étant conséquente, il est possible de prévoir une alimentation en eau de pluie

vers la serre en ajoutant une gouttière à la façade de la maison. C'est la solution en apport d'eau qui me paraît la plus simple, car l'eau peut arriver dans une zone de transition (vestibule comprenant : marches rangement et transition vers maison) en point haut pour être redistribuée vers un réservoir ou une batterie de cubitainers.

La surface du toit exploitable à équiper d'une gouttière est d'environ 4 m x 8 m, soit 32 m².

La Saône et Loire est arrosée avec une pluviométrie totalisant entre 700 et 900 mm. La zone de plaine du Jura est la moins arrosée avec une pluviométrie totalisant entre 700 et 1 000 mm. On peut donc espérer capter entre 22 et 29 m³ d'eau par an de cette portion de toiture.

Alternativement, il est aussi possible de collecter l'eau du pan 2 (semi-vitré) à la sablière et de la ramener dans la serre. L'inconvénient est que cela amène une gouttière et son support de fixation en partie haute du pan 1; complication technique et petite perte de lumière, avec une moindre collecte d'eau.

Aval - utilisation

La solution des cubitainers (ou réservoir) intégrés est que l'on pourra bénéficier du meilleur matériau pour l'inertie thermique : l'eau. L'eau ayant ainsi une double fonction, il est préférable de l'intégrer à la serre, d'autant que l'usage aval pour les arrosages de plantes et de semis sera facilité. Cette orientation laisse ouverte l'option d'intégrer par la suite un système en aquaponie, ce qui donnera une troisième fonction à l'eau dans le système «serre». Le calcul montre qu'il faut au minimum deux cubitainers. Nous préconisons **trois cubitainers pour assurer l'inertie thermique**.

Il convient d'y ajouter autant de cubitainers supplémentaires que requis pour l'eau consommée, stock tournant qui améliorera d'autant l'inertie thermique. Par exemple, si on imagine deux mois sans pluie, soit 60 jours et que l'on arrose avec 60 litres (5 arrosoirs) tous les deux jours, alors une capacité de **deux cubitainers supplémentaires** suffit.

Les **5 cubitainers nécessaires** existent en noir :

https://www.multitanks.com/fr/cuves-bidons/cuves-hors-sol/1937-cuve-ibc-1000-litres-noire-opaque-d-occasion-sur-palette-acier.html?gclid=EAIAIQobChMlqTm7vLj3gIV1ojVCh0OqwS-4EAQYASABEgJKQvD_BwE

- Cuve IBC/GRV d'occasion 1000 litres NOIRE sur palette acier
- Dimensions : 1200x1000x1150mm hors tout
- Diamètre de sortie : 60mm
- Poids : 60 kilos à vide, livrée avec vanne et couvercle

Sinon le sol et la terre auront aussi leur effet . On pourra aussi expérimenter les bouteilles d'eau entre les plantes posées à plat sur le sol comme le montre Luc M. pour compléter l'inertie thermique au plus près des plantes en hiver.

Pour maximiser l'inertie thermique, on peut imaginer une portion de mur intérieur en terre ou gâbion, par exemple derrière des étagères, si on veut rester dans la largeur imposée par les cubitainers. Mais leur mise en œuvre sera beaucoup plus coûteuse en temps, donc impactera le budget.

GESTION DU SOL

La terre locale est à dominante argileuse. Les strates sont les suivantes :

- Terre végétale - 10 à - 15 cm
- Argile jaune jusqu'à - 1,50 m
- Argile bleue - 1,50 à - 1,65 m
- Argile jaune ensuite

La nappe phréatique peut être présente à - 60 cm. Généralement son niveau est autour de -1,5 m et peut descendre à -2,5 m. Ce sera la profondeur maximale de décaissement possible, sauf pour les fondations à au moins -70 cm pour qu'elles restent hors gel. Différentes sources comme :

<http://www.terrassier.net/faire-un-terrassement-sur-un-sol-argileux/>

<http://www.georisques.gouv.fr/dossiers/argiles/contexte>

mettent en garde sur les spécificités de la construction sur sol argileux, en particulier pour les fondations. Pour aller au delà des préconisations courantes sur la construction des fondations de serre, on peut envisager une étude de sol par technicien géologue (géotechnicien). Une autre solution moins onéreuse est de se renseigner dans le voisinage chez des personnes ayant construit ou fait construire récemment. Pour un bâti neuf il est fort probable qu'ils soient passés par une étude de sol.

Le risque sera toutefois beaucoup plus limité pour une serre que pour une maison en raison des charges légères dans le cas de la serre. Plus la structure sera légère, plus le risque sera limité.

Si le sol ne présente pas de risques particuliers, on veillera tout de même à adapter les fondations à cause de la sensibilité à l'eau des argiles (suffisamment enterrées pour pallier les phénomènes de retrait-gonflement de l'argile)

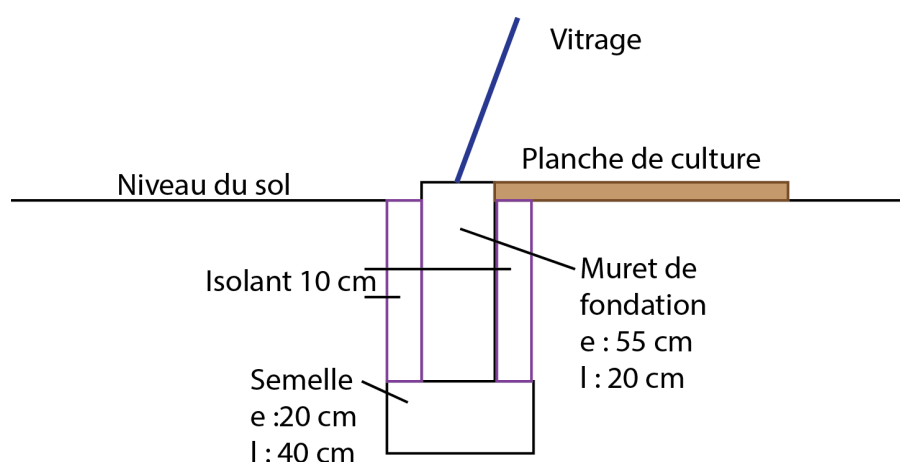
à savoir:

- semelles filantes rigidifiées bien entrecroisées entre elles et bien liaisonnées aux angles
- drainage

Plus d'infos sur :

<https://www.batirama.com/article/55-quelles-fondations-superficielles.html>

Si l'étude de sol ou les informations locales obtenues n'imposent pas un autre traitement pour les fondations, on pourra se référer au croquis ci-contre pour la réalisation.



SERRE BIOCLIMATIQUE

JEAN PERRON

Plan de fondations - élévation

5.11.1.120

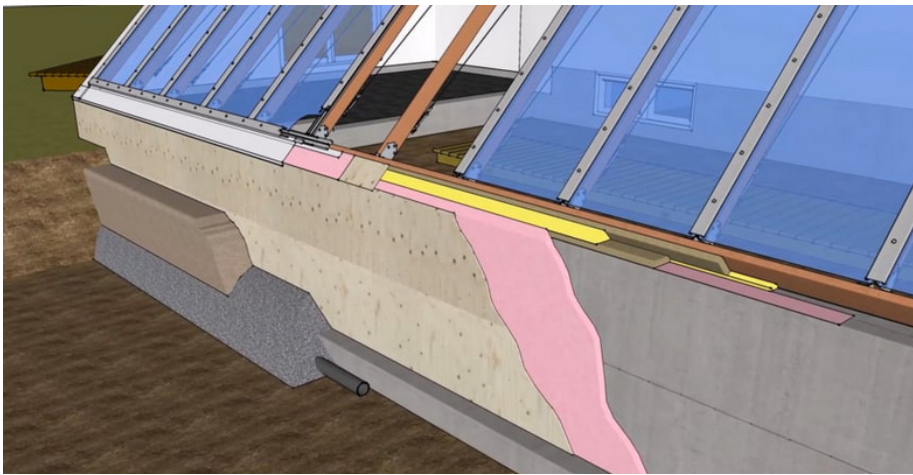
Sur ékopédia des infos sur la conductivité thermique de la terre :

<http://fr.ekopedia.org/Conductivite%20thermique>

On ne peut pas franchement dire que la terre soit un «très bon isolant thermique» ! Un lambda de 0.5 à 2.10 W/m.K, pour de la terre à 10 % d'eau, c'est respectivement 12.5 à 52.5 fois pire qu'un isolant standard. Même dans le meilleur des cas, un mètre de terre isole moins que 10 cm d'isolant (industriel ou naturel).

C'est pourquoi je recommande d'isoler la terre de la serre de celle alentour. Le plus simple est de le faire au moment de la réalisation des fondations en utilisant des coffrages perdus isolants (voir croquis ci-dessus).

La serre de Luc M. intègre un isolant de 8 cm pris en sandwich entre deux couches de béton, comme illustré ci-dessous.



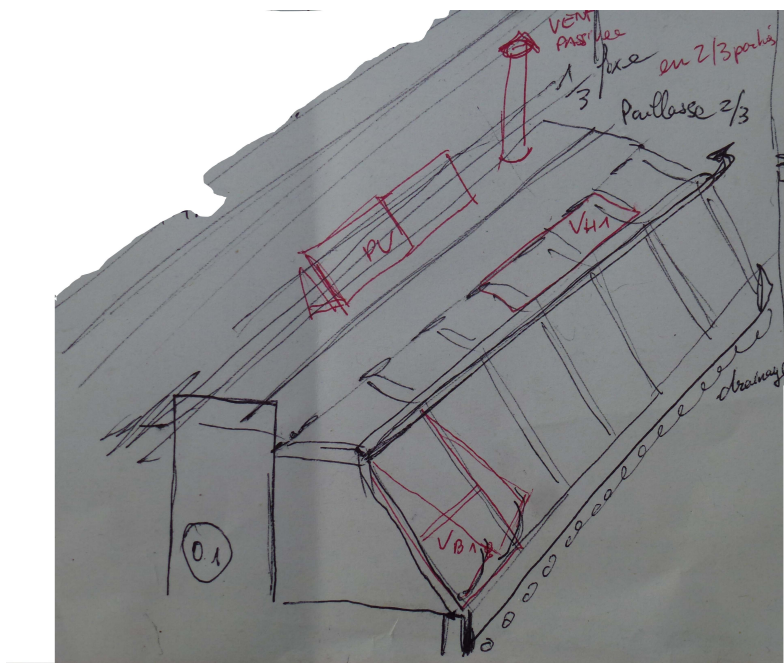
Nous recommandons de placer un lit de graviers de 10 cm d'épaisseur autour de la serre, en bas du vitrage pour éviter que les ruissellements et la pluie projettent des particules de terre sur les vitrages.

Lors de la réalisation, décaiser d'abord la terre végétale qui sera réservée et en partie réintroduite dans la serre

après sa construction. Puis la terre sous-jacente qui pourrait servir de remblai ailleurs ou sera évacuée.

Lors de son utilisation dans la serre, la terre végétale sera amendée en fonction des cultures réalisées. Ainsi, une pile de compost pourra être prévue dans la serre, ou un lombricomposteur ou encore un digesteur type bokashi. Les composts et liquides éventuels pourront être directement utilisés dans la serre. En saison froide, je recommande la création d'une pile de fumier temporaire qui servira à réchauffer en partie la serre et à produire un compost utile aux cultures d'été de la serre.

ENVELOPPE PRINCIPALE :



Sur le croquis ci contre, j'ai noté O1 l'ouverture d'entrée coté grange qui sera traitée par un vestibule de transition. Il donne le principe d'une serre compacte, adossée au mur nord. Une partie de toiture occultée et isolée, environ sur un tiers de la surface supérieure, arrive sur une partie composée de vitrages et d'une paillasse rabattable.

En rouge, j'ai représenté des options telles que la cheminée solaire, les panneaux Photo Voltaïques, l'ouverture automatisée de portions de vitrages.

Vitrages

Il doivent avoir une bonne transmission (ou perméabilité), c'est à dire leur capacité à laisser passer la lumière. Et en même temps ils doivent avoir une bonne isolation, ce qui accroît l'épaisseur de matière donc réduit la transmission lumineuse. Il y a donc un optimum à trouver. Avec une transmission lumineuse d'au moins 70 % les vitrages conviennent à la croissance des plantes.

Il convient de choisir entre deux matériaux : le verre ou le polycarbonate.

Verre ou polycarbonate ?

Le polycarbonate est moins réfléchissant que le verre et diffuse mieux la lumière. On a donc plus de latitude sur l'angle avec le polycarbonate qu'avec le verre.

Le verre a pour principal avantage d'être totalement transparent et stable dans le temps. Il a l'inconvénient d'être plus lourd, plus cher, et plus chargé en énergie grise.

Si on compare les microclimats thermiques et lumineux induits par deux types de couverture de serre : le verre horticole ordinaire et le verre à faible émissivité. Les températures de paroi, plus élevées de jour comme de nuit sous le V.F.E., induisent des indices actinothermiques plus élevés de 1° à 2° sous la serre couverte par ce matériau. Par contre, la transmission du V.F.E. dans la partie visible du rayonnement global solaire est inférieure d'environ 10 p. 100 à celle du verre ordinaire.

Le site Jardin Couvert indique :

Vitrage pour serre : un domaine technique

Le verre horticole est un verre dit « classique ». Il est de moins en moins utilisé car il est lourd et ne propose ni la sécurité du verre trempé ni la légèreté du polycarbonate.

Le verre trempé justement, propose une sécurité supérieure, du type verre feuilleté de pare-brise automobile. Il se casse de manière non coupante.

Le polycarbonate est un dérivé du plastique, léger et résistant. Il peut se casser, mais les morceaux ne sont pas coupants. Son inconvénient est qu'il peut jaunir avec le temps. Il est légèrement plus occultant que du verre.

Le choix entre ces différentes matières se fait en fonction de votre budget, mais aussi de l'usage de la serre.

Si des enfants jouent à proximité, par exemple, ou si un arbre proche peut perdre des branches sur le toit, le verre trempé et le polycarbonate sont sécurisants. Pour le faîtage, l'option polycarbonate est un vrai plus grâce à sa légèreté et sa solidité. Contactez-nous en cas de doute.

Pour le polycarbonate on choisira au minimum du 16 mm (3 couches) pour le pan 1 et 25 mm (5 couches) pour le pan 2. Il résiste à la grêle et diffuse bien la lumière.

Pour maintenir la transmission lumineuse il faudra nettoyer les vitrages. Au bout de 2 à 3 décennies le polycarbonate s'altère et jaunit. Il faut alors remplacer les panneaux.

On pourra jouer sur la réflexion lumineuse en peignant en blanc brillant ou satiné le parement éventuel de l'isolant du mur Nord, ... et au contraire en noir ou foncé les surfaces devant absorber la chaleur : les constituants de la masse thermique. Un drap blanc pourra temporairement baisser la capacité d'absorption de la masse thermique.

La version retenue utilisera du polycarbonate.

AMÉNAGEMENT INTÉRIEUR

En reprenant les éléments cités plus hauts (partie Dimensionnement) la serre intégrera une allée de circulation et un passe pied pour maximiser l'espace cultivable.

Des petits passes pieds perpendiculaires sont également possibles.



La disposition pourrait ressembler à la photo ci-contre, en ajoutant éventuellement un espace détente et orangerie.

Attention aux ravageurs

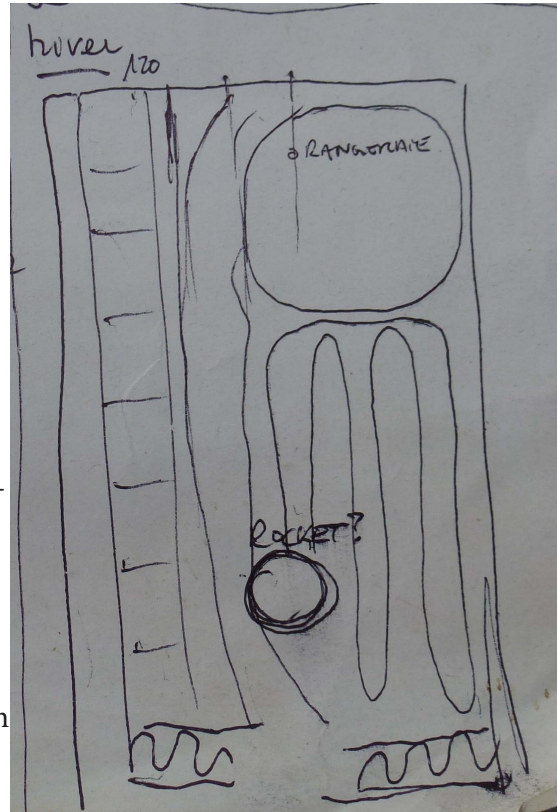
Dans une serre, les insectes nuisibles peuvent proliférer plus vite (aleurodes, altises...) surveillance rapprochée nécessaire....

Les cloportes trouvent des conditions de vie idéales. Ils peuvent proliférer et occasionner des dégâts aux plantes.



Ces deux croquis sont une ébauche du plan d'aménagement intérieur qui sera réalisé selon vos instructions.

A gauche la ligne d'aménagement cubitainers, une allée principale et deux grandes planches de culture, et à droite évolution de occupation de la surface avec un espace



orangerie (ou relaxation) et un placement possible du

rocket stove. Il est favorable à la diffusion de chaleur mais il obstrue l'espace. Peut être qu'il serait mieux placé dans la ligne des cubitainers !

PLANS

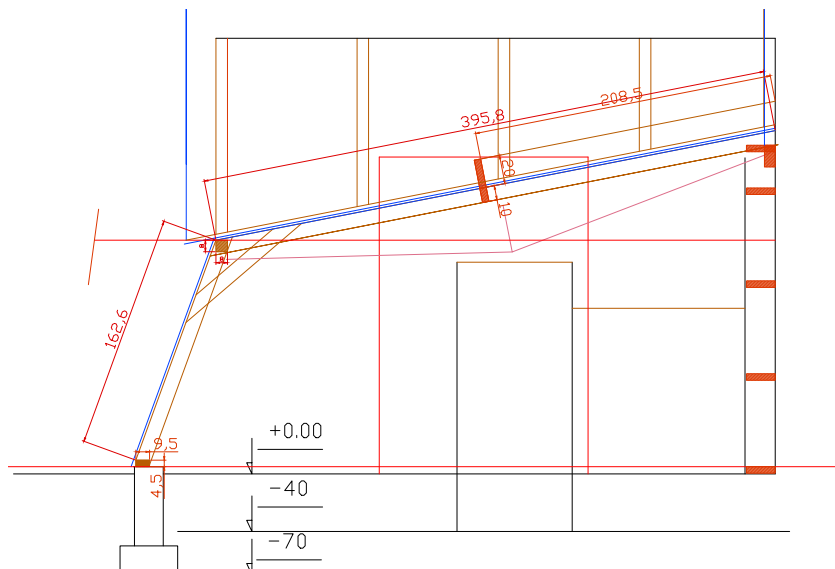
Les plans d'exécution d'une version de base a été réalisée par mon ami charpentier, Renaud Picherit. Ils sont annexés à l'étude.

Photos (dossier éponyme)

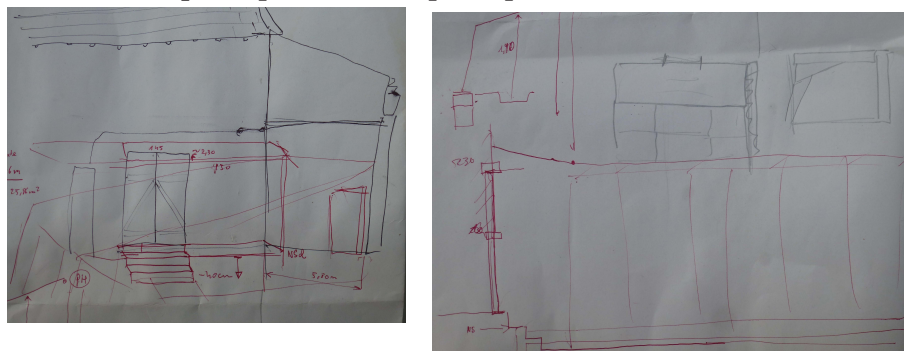
Regroupe les photos transmises et celles prises pendant le repérage : véranda, vue NE, vue Est, vue SE.

Les deux photos dont le nom se termine par copie contiennent une ébauche de représentation de la serre in situ.

Le plan ci dessous montre une vue en élévation avec les décaissements et utilisation du mur Nord.



Ces deux croquis représentent le principe du vestibule, destiné à assurer la transition serre-maison.



ESTIMATION BUDGÉTAIRE

Dans le chiffrage à finaliser on voit les postes pour des matériaux, de la main-d'œuvre et des options. Voir la feuille de calcul **COÛTS SERRE.ods** à l'onglet Coûts.

Remarque :

Concernant le chiffrage, je voudrais apporter la réserve suivante :

Il existe une incertitude récurrente sur l'estimation des coûts.

Dans mon expérience d'auto construction, cela représente environ 20 % de dépassement.

Héla en consultant d'autres personnes et des professionnels, on réalise que la tendance est la plupart du temps au **dépassement des budgets estimatifs initiaux**.

De plus il faudra prévoir des **frais de transport / livraison** sur certains postes. Enfin dans la phase de préparation, il faudra affiner les sources d'approvisionnement locales en matériaux.

RÉALISATION DE LA SERRE

Voici les principales étapes à prévoir pour la réalisation de la serre bioclimatique envisagée :

1) Terrassement / Creusement des fouilles de fondations et décaissement de la surface du sol:

Travaux de décaissage de préférence en été (en même temps que l'excavation pour la mare ?)

On commencera par réserver la couche de surface.

Puis décaisser les niveaux intérieurs. Décaissements intérieurs : allée, passe pied, zone détente et orangerie.

Enfin on creusera les fouilles de fondations

2) Maçonnerie / Fondations isolées

Il est préconisé de faire une semelle de 40 cm de large, 20 cm de profondeur, avec ferrailles remontant d'au moins 40 cm, en fond de tranchée, à savoir - 70 cm à partir du niveau du sol, suivant le plan de fondations fourni.

Sur cette semelle, on coffrera à l'aide de polystyrène sur 55 cm de hauteur et 8 à 10 de large de part en part. L'isolant sera ensuite éventuellement raccourci au niveau du sol.

Voir références polystyrène dans dossier «technique».

Sur le haut de la fondations placer une bande d'arase goudronnée pour éviter les remontées capillaires depuis les fondations, vers la lisse basse.

Pour les ouvrages de maçonnerie, voir s'il est possible d'utiliser sable et gravier présents à l'arrière du mur nord.

3) Charpente / Structures bois

Création jonction maison (vestibule) avec noue au niveau de la jonction haute et basse des vitrages.

Structure porteuse

Tracé, coupe et assemblage des chevrons

Contreventement provisoire

Création mur Est avec bâti de porte. Pose de la porte.

Question RP: Contreventement par tirants métalliques ? POUSSÉE !!

Toiture

Couverture et isolation

Descente de gouttière et desserte cubitainers

Pose de pare vapeur

Vitrages

Pose verre ou polycarbonate et couvre-joints

Isolation

Isolation murs Nord et Extérieur Grange

Isolation Mur Est

Pose de pare vapeur

Pose parement

Peinture

4) Second œuvre

Aménagement intérieurs

On pourra introduire les cubitainers par la porte de la grange.

Raccordements eau de pluie, inter cubitainers et trop plein.

Aquaponie garage ou serre ?

Rectifier et stabiliser l'allée et le passe pied. Ensuite créer les planches de culture.

Enfin les étagères, les treilles et les bacs de culture.

PLANNING

Automne 18 Étude

Hiver 19 Réflexion

Printemps 19 Organisation

Été 19 Réalisation

OPTIONS

Dans cette section nous explorons les équipements optionnels possibles, ou rappelons ceux que nous avons évoqués plus haut, qui apportent tous des avantages et inconvénients que nous tenterons de déterminer pour faciliter la prise de décision sur les options éventuelles. Celles-ci déterminées, nous pourrions prolonger cette étude pour affiner les options envisagées.

Irrigation

Tuyau micro-poreux : peu cher, économe en eau, raccordable par gravité aux cubitainers

Tuyau avec manchons : un peu plus onéreux, mais permet de distribuer l'eau directement au pied des plantes, plus économe en eau (rapport d'efficacité bénéfice plante / eau consommée)

Système automatisé : plus onéreux, pas low tech, mais offrant un confort utilisateur optimal

Chauffage / Climatisation

Puits canadien en circuit fermé : une ventilation capte l'air chaud en haut de la serre et l'envoie dans un réseau de canalisations souterraines pour charger le sol en chaleur et rafraîchir l'air, ou capter l'air froid en bas de la serre et le réchauffer par la chaleur résiduelle du sol. Il s'agit du concept de «batterie de masse thermique»

Voir à ce sujet les réalisations de Jérôme Osentowski qui a récréé des écosystèmes type Costa Rica à 2000m d'altitude dans les montagnes du Colorado près de Basalt (google CRMPI), avec 250mm de précipitations annuelles, -20 l'hiver, le tout en quasi passif via l'utilisation de ses «batteries climatiques» (puits canadien généralisé) : il récolte des bananes en Janvier, et des papayes toute l'année, tout cela 100% en permaculture.

Pompes à chaleur

Le refroidissement de l'eau avec la nappe phréatique avec un puits à -2,5 m sous maison peut être expérimenté en système D, avec une pompe, un échangeur de chaleur placé dans le puits.

Sinon comme système plus établi il existe les Pompes à chaleur Eau -Eau, exemple :

<https://www.weishaupt.fr/produkte/waermepumpen/waermequelle/weishaupt-wasser-wasser-waermepumpen>

mais a des inconvénients :

<https://www.voseconomiesdenergie.fr/travaux/pompe-a-chaleur-eau-eau/inconvenients>

Signalons aussi l'existence des Pompes à chaleur Air-Air évoquées plus avant dans l'étude, et les Pompes à chaleur Air-Eau

<https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/pompe-chaleur-air-eau/>

Store isolant

Onéreux, il pourrait permettre l'ombrage de la serre par commande manuelle (stores actionnées par des moteurs électriques), voire un système automatisé.

C'est la version «luxe» du paillason abordée précédemment.

Mini vérins automatisés

Mini vérins permettant le déclenchement automatique d'une aération en fonction de la température

Chauffage d'appoint

La question que l'expérience n'a pas encore résolue est :

Le gel est-il possible dans la serre ?

Avec une bonne isolation, de la masse thermique et un minimum d'ensoleillement en saison froide il est probable qu'il ne gèle pas dans la serre. Selon les cultures envisagées en saison froide l'option chauffage d'appoint par un Rocket Stove semble la plus intéressante à considérer pour apporter un complément de chaleur à la serre. Je recommande de faire une première saison d'observation pour savoir s'il est utile.

S'il est extérieur à la serre, le Rocket Stove n'aura pas sa pleine efficacité mais n'y occupera pas d'espace. S'il est intégré, pour maximiser les performances, il faudra considérer l'évacuation horizontale des fumées chaudes par le sol sous le passe pied ou l'allée principale.

Le rayonnement IR du bidon et un échangeur de chaleur pour charger l'eau stockée pourront être précisés par la suite.

S'il est séparé, il faudra trouver un passage d'évacuation des fumées par la grange, ce qui risque d'être plus compliqué à réaliser, vu la hauteur de toit.

Il pourra alors être en métal, étudié pour chauffer de l'eau, comme ceux que fabrique Barnabé Chailot. Voir à ce sujet la mini Piscine chauffée par Rocket Stove...

C'est une option recommandée si nécessaire, mais qui est compliquée à réaliser par l'organisation amont du chantier et le besoin de main d'œuvre pour sa construction.

Autres possibles :

Nous déconseillons les convecteurs électriques pour leur cout d'utilisation élevé et leur faible performance énergétique. Un réchaud d'appoint au gaz ou mieux, un poêle à bois serait plus recommandé en la matière mais sera moins efficace que le Rocket Stove en terme de chauffage et de consommation de bois.

Autres options à considérer :

- Espace relaxation
- Orangerie

- Y disposer d'électricité ?

Elle est nécessaire à nombre d'options liées à la ventilation ou climatisation.

Dans une version basique , l'éclairage et une (ou plusieurs) prises de courant, selon l'usage envisagé (kits de germination, tapis de semis chauffants, brumisateur, ventilateur ...)

Dans une version plus énergivore, il est souhaitable d'installer des panneaux PV. Une petite unité PV peut tout de même être envisagée pour des besoins limités en électricité car le coût est devenu abordable, compter environ 1 euro par Watt.

CONCLUSION

Rappelons que les facteurs limitants identifiés dans les premières conclusions sont la nature du sol et la disposition de l'accès depuis la maison qui nécessite la création d'un vestibule.

Le commanditaire de l'étude, Jean Perron a décidé début 2019 de réaliser la serre bioclimatique décrite dans cette étude.

Cette seconde version de l'étude actualise, au vu des décisions prises, la première version et fournit l'ensemble des informations nécessaires à la réalisation du projet. Il s'agit de l'étude budgétaire qui sera utile pour la phase d'approvisionnement et de préparation.

Le planning de chantier décrit toutes les phases et tâches principales du projet.

Les plans d'exécution ont été réalisés et permettent la construction de la serre bioclimatique par les artisans concernés.

Au plus tard lors de la construction, je vous conseille d'établir un Plan de culture séquencé pour planifier votre première saison dans la serre.

L'étude des secteurs (étude solaire et thermique) et des zones (aménagement intérieur) nous indique qu'une variété de déclinaisons est possible pour les travaux de second oeuvre dont la réflexion est à mûrir.

Il est aussi souhaitable de définir un minimum et maximum budgétaire pour le comparer à l'estimation des coûts lorsqu'elle sera achevée.

Comme indiqué, ce document se réfère à des annexes et supports fournis séparément sous la forme d'un ensemble de documents numériques organisés.