

BRIGADE FORESTIERE

Mission d'auteur de projet - Réaménagement et construction d'une brigade forestière à Auderghem

B - NOTE D'INTENTION

25 08 2022

Maîtrise d'ouvrage:
BRUXELLES ENVIRONNEMENT

Maîtrise d'oeuvre:
51N4E Cast - Architecte mandataire
CARBONIFERE - Paysagiste
BETerre - Bureau d'étude construction terre
Biotope Environnement
JZH - Stabilité et Techniques spéciales
ARIADE - PEB
SECURISAN - Coordination sécurité-santé

Contact : Benoit Lanon
benoitlanon@51n4e.com
02 503 50 89

51N4E

51N4E Cast

Carbonifère

BE Terre

Biotope Environnement

JZH

Ariade PEB

Sécurisan

Chère Brigade,

C'est avec grand enthousiasme que notre équipe a élaboré ces derniers mois la proposition présentée dans cette note pour votre futur lieu d'activité.

Assurer la quiétude et la pérenité du plus grand espace de loisirs des bruxellois est un enjeu considérable et nous percevons bien qu'il s'agit tant d'un métier exigeant que d'une passion pour votre équipe.

Dans cette perspective, nous vous proposons un environnement plutôt qu'un bâtiment: un lieu emblématique marquant une nouvelle porte d'entrée vers la forêt de Soignes, qui crée une interface entre le tumulte de l'autoroute et la tranquillité de la clairière. Par la proposition d'une serre plutôt que d'un bâtiment, votre environnement de travail devient multiple. Il ne s'agit plus d'être dedans ou dehors, mais plutôt de choisir le lieu qui se prête le mieux à la diversité de vos activités.

Le projet est donc à comprendre comme un outil évolutif. Il permet l'appropriation suivant le climat recherché, la flexibilité dans les espaces par des structures facilement adaptables ou des espaces généreux qui accueillent divers usages suivant les temporalités de la journée, de la semaine ou des saisons.

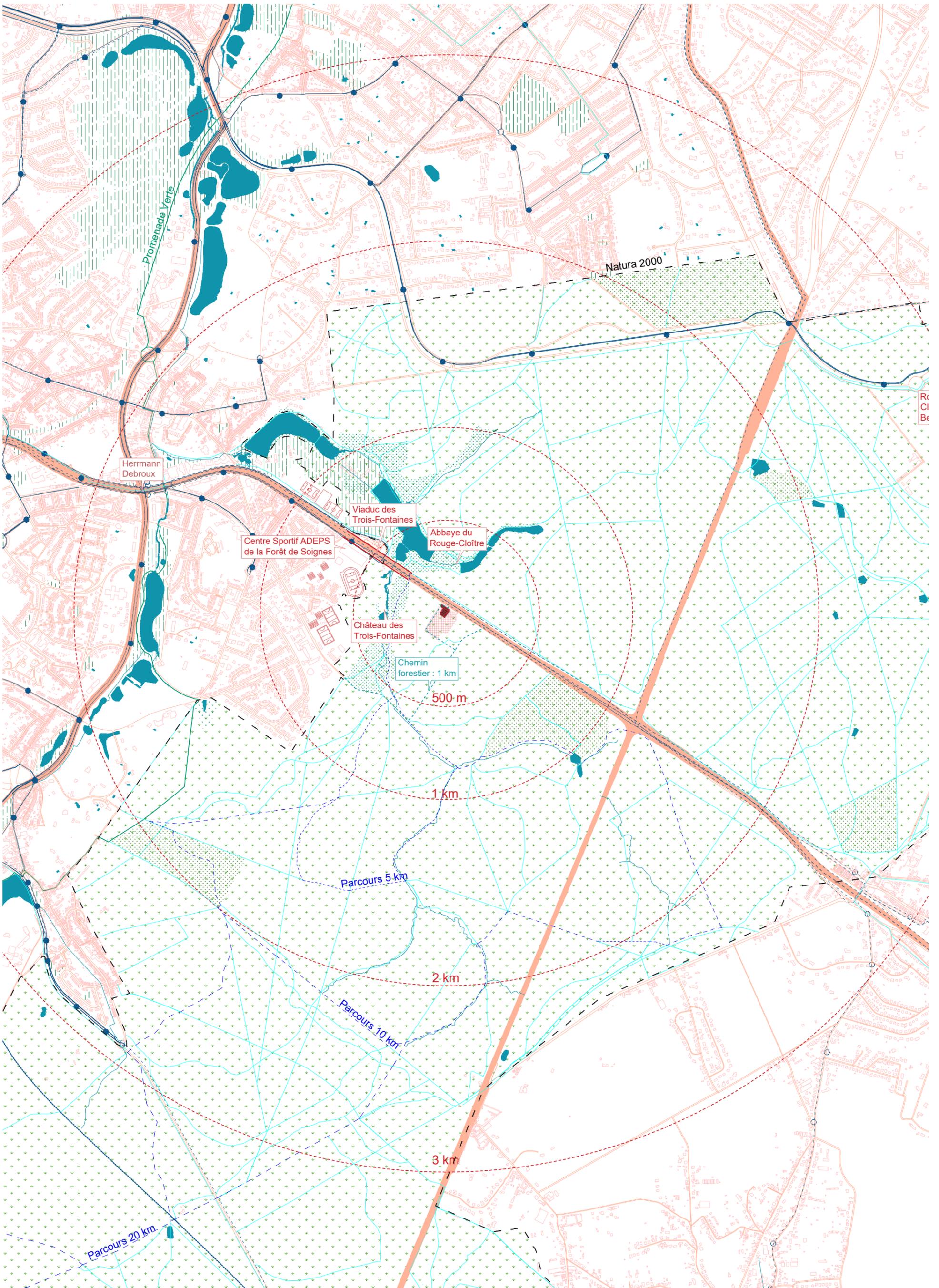
C'est un lieu qui facilitera votre activité professionnelle par la proximité et les relations spatiales entre les différents pôles de la brigade, mais qui n'oublie pas magnifier les espaces dédiés au repos et au bien-être en leur offrant la meilleure orientation, une ouverture sur la clairière et des dispositifs faisant presque oublier la proximité de l'autoroute. Nous vous proposerons une co-conception valorisant votre savoir-faire à travers les "Brigades-Bijoux" qui activeront la vie sociale de votre environnement.

Dans un site naturel si exceptionnel, nous vous proposons un projet manifeste dans son approche constructive. La serre est réemployée d'ailleurs, le bois est belge, s'il ne peut provenir directement de la forêt de Soignes, et les constructions sont réalisées avec la terre du site. La matérialité extériorise les ressources forestières mais permet aussi de limiter l'impact de la construction sur le temps long. Au besoin, la construction pourra être entièrement démontée, fondations incluses, la terre retournant à son état initial, et la serre remontée ailleurs pour renforcer encore une fois la preuve de la potentialité du réemploi structurel, nouveau mode de construire qui n'attend que de s'émanciper à travers de nouveaux projets.

Nous sommes impatients de vous rencontrer pour transformer cette proposition en un lieu à la hauteur de vos attentes.

L'équipe de conception





Un espace capable à ciel ouvert

Un espace des possibles

Suite à la visite de site de la Brigade 2, un élément est frappant: le site s'est construit par une lente sédimentation d'habitudes et d'utilisations du lieu qui souligne la nécessité d'un environnement évolutif.

Notre proposition est d'offrir à la brigade un espace capable: un plan appropriable, plus généreux que demandé, avec un apport de lumière naturelle maximum permettant de travailler à ciel ouvert tout au long de l'année.

Il s'agit d'une construction qui articule les forts contrastes du site: elle protège de l'autoroute par un mur à forte inertie, s'adosse à la parcelle voisine, et s'ouvre abondamment sur le théâtre de la clairière et la forêt.

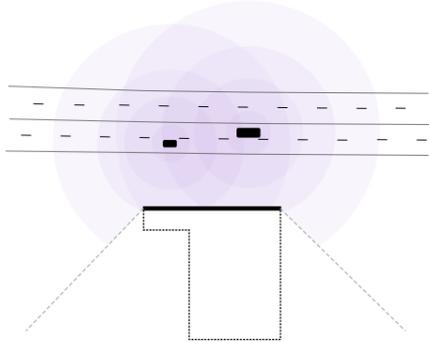


Une construction de grande échelle répondant aux forts contrastes du site

La forte proximité de l'autoroute ne peut se faire oublier sur le site: c'est une pollution sonore ininterrompue opposée à la plénitude forestière.



Face à cette situation, le projet propose une architecture de grande échelle formant un écran acoustique qui protège mieux le site. La façade est construite en terre, matière apportant de l'inertie et une bonne absorption acoustique. Par ce dispositif, le site de la Brigade est plus apaisé pour offrir de meilleures conditions de travail et de détente.

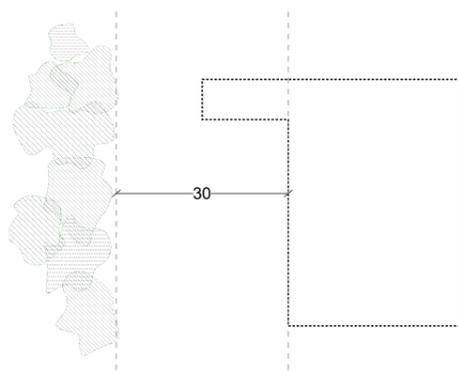


Une implantation non compromettante

Les textes réglementaires ne laissent pas de doute sur l'implantation: toute implantation située dans les 30m de la lisière sera sujet à discussions administratives pouvant ralentir voire bloquer l'évolution du projet.

Notre parti-pris est de ne pas se risquer face à ce point réglementaire. La construction ne s'implante pas dans la zone non aedificandi le long de la lisière.

A ce stade, seule une travée de serre se prolonge sur cette zone pour soutenir la façade acoustique et protéger le site de manière optimale. Mais cette partie ne compromet pas le projet si elle ne pouvait être maintenue: l'ensemble du programme s'intègre dans la zone constructible.



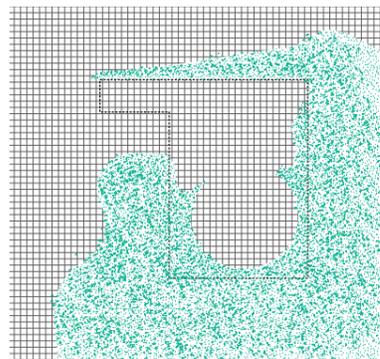
La serre, une architecture forestière

La forêt de Soignes est grandement préservée de constructions. Plutôt que d'établir une nouvelle construction renvoyant à une forme de bâtiment ancré et pérenne, la proposition de serre est un dispositif renvoyant à une installation légère, facilement démontable et permettant sa réversibilité programmatique. C'est une construction légère, peu impactante en termes de fondations. Son enveloppe reflète la végétation environnante, participant à son intégration dans l'environnement forestier.

Une interface entre milieu végétal et minéral

Le positionnement de la serre ne distingue pas les

différents milieux. la façade oscille entre espace planté et sol minéral. Ce dispositif offre des conditions végétales plus intéressantes et limite la lecture de la construction comme une architecture objet.



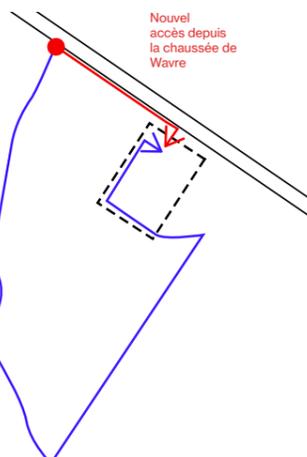
Accès au site facilité

Jusqu'à présent, le site était accessible aux véhicules légers uniquement par la forêt, le talus au nord du site créant une limite physique.

Un nouvel accès est créé dans l'épaisseur du talus afin de faciliter l'accès pour tous types de véhicules.

Le nouvel accès est un chemin en pente à 6% et d'une largeur de 3m. Cette largeur permet de conserver suffisamment de pleine terre pour redensifier les plantations du talus et intensifier le filtre végétal entre l'autoroute et le site.

Une aire de retournement reliant le chemin d'accès à la route permet aux semi-remorques de manoeuvrer sur l'asphalte puis d'empreinter l'accès vers le site pour les livraisons occasionnelles.



La brigade: un lieu de sensibilisation à la forêt

La forêt de Soignes crée un véritable équilibre avec l'aire urbaine de la métropole: elle représente une aménité nécessaire aux habitants de Bruxelles et ses environs (loisirs, contact avec la nature, fraîcheur, traitement pollution...). Il semble primordial de maintenir cet équilibre en renforçant les relations entre la faune, la flore et le sol. Ce maintien des ressources ne se pose pas uniquement pour l'Homme, mais pour une approche plus holistique du vivant dans cet environnement si précieux.

La brigade forestière entretient une forme d'harmonie entre les différentes synergies au sein de la forêt mais structure également l'impact des utilisateurs sur ce territoire.

Le site de la Brigade est un lieu dédié au travail quotidien des gardes forestiers: un lieu qui articule logistique, formation, stockage et autres espaces servants.

Mais il peut également intégrer un lieu de production, de tests, d'expérimentation devenant ainsi un laboratoire d'expériences pour le maintien de la forêt. Il complète un certain nombre de points d'attractions voisins: Le centre ADEPS, l'Abbaye du Rouge-Cloître, le départ de promenades au viaduc des Trois-Fontaines, le château des Trois-Fontaines, la proximité de la promenade verte...

Si cette approche est souhaitée, le projet pourra facilement intégrer une dimension publique et l'architecture de la serre en fait un support opportun et facilement adaptable.



Coupe longitudinale et plan masse  1:750

Ecologie et paysage

Un écotone habité

La clairière actuelle bénéficie d'un environnement propice à la colonisation d'une forte biodiversité.

Le projet propose différents traitements paysagers qui définissent un écotone: une zone de transition entre deux écosystèmes propice au vivant. Un zonage clair vise à simplifier la lisibilité et la gestion du site. La composition floristique s'opère en fonction de cette division. Chaque espace créé constitue un micro-écosystème. Les différentes expositions participent à la diversification de ceux-ci.

Les transitions entre sous-espaces arrivent en douceur afin de perfectionner l'intégration des interventions au sein du paysage existant. Ce dégradé est réalisé au moyen de la répartition entre espèces nourricières et indigènes spontanées.

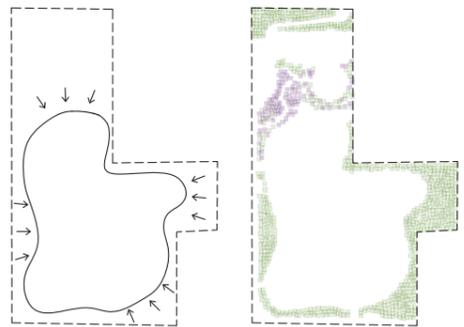


Enrichir la lisière

Aujourd'hui, le chemin forestier servant d'accès carrossable au site délimite le périmètre de la clairière et forme une rupture franche entre les différentes strates forestières et le pré fleuri.



Le projet propose de planter une épaisseur variable, une ceinture verte, qui délimite le périmètre du site.



Cette ceinture verte est principalement composée d'arbustes. Elle a pour but de renforcer le rideau végétal qui isole le site vis à vis de la chaussée, du chemin forestier et des autres espaces fonctionnels (compost, ruches...).

Celle-ci délimite également la prairie de fauche dont la forme — sans angles droits — a été pensée afin de faciliter l'entretien au moyen de tracteurs. Le design évite les manœuvres inutiles.



A l'est de la clairière, le drainage de l'assainissement définit une aire végétalisée légèrement humide, faisant la part belle à un certain type de plantes.

Au sud de la serre, une citerne de grande contenance (75m³) collecte les eaux pluviales de la toiture de la serre. La surverse de la citerne pourra alimenter un wadi et créer ainsi une zone humide favorisant une biodiversité complémentaire dans la clairière.

Talus support de biodiversité

Majoritairement à l'ombre, le nouveau talus peut développer une végétation appropriée à ce milieu. Les terrassements nécessaires pour la création du nouvel accès sont l'opportunité d'accueillir des précieux pollinisateurs, telles que les abeilles terricoles.

Forêt comestible

La palette arbustive change à proximité de la serre. Les essences sélectionnées dans cette zone sont choisies pour leur caractère nourricier. Cette forêt comestible s'inspire du fonctionnement d'un jeune espace boisé avec une large palette de plantes utiles à l'humain et cultivées à différentes hauteurs.

Cet espace est traversé par des cheminements en graviers invitant les brigadiers et visiteurs vers l'intérieur de la serre.

La forêt comestible prend place dans un paysage légèrement légèrement vallonné qui crée un recul entre la zone logistique extérieure et les espaces privilégiés pour la détente des travailleurs. Ces légères buttes offrent une gradation de milieux aux hygrométries et qualités d'ensoleillement différentes, propices à une culture permacole.

Des poches moins définies sont laissées ouvertes afin de rendre possible la culture d'annuelles en planches.

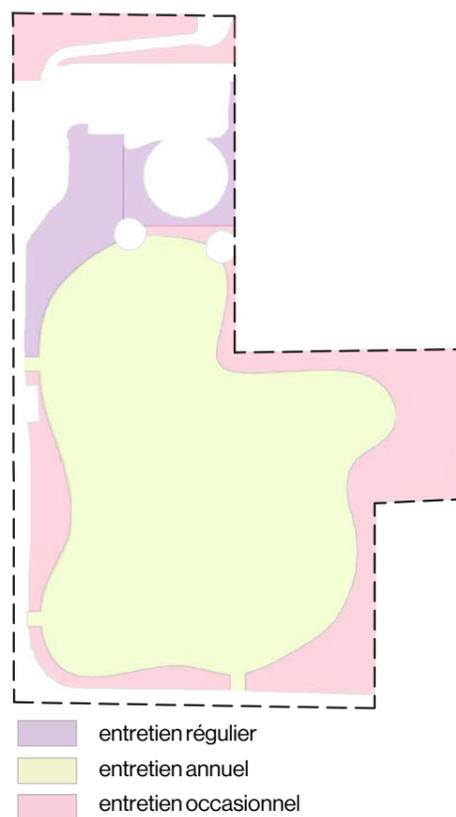
Paysage intérieur de la serre

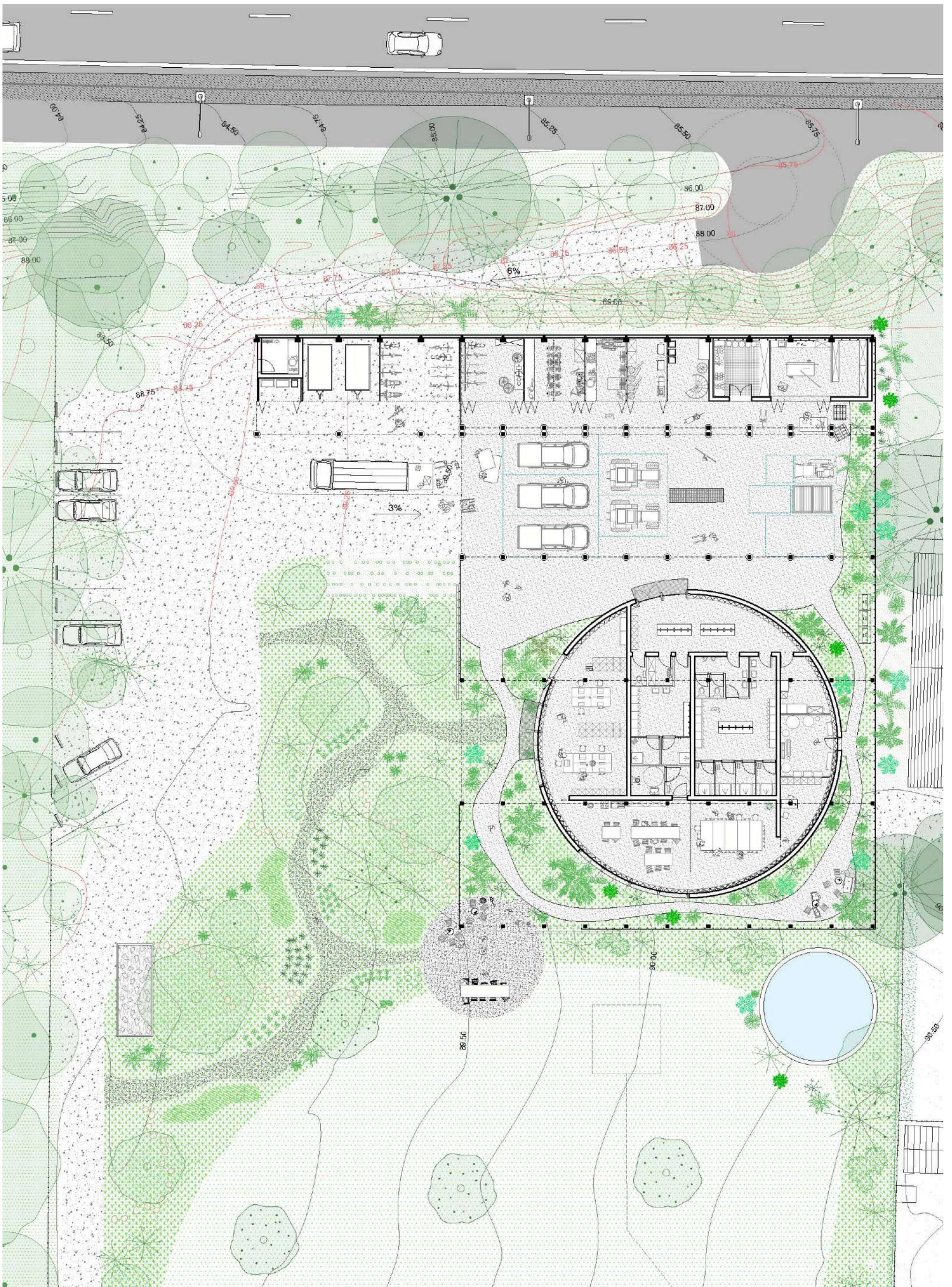
Du point de vue végétal, les serres fonctionnent principalement à la manière d'une orangerie non chauffée. Sous cette serre, seules deux textures de sol cohabitent: le béton et la terre, exception faite de la terrasse en graviers qui s'invite dans l'espace dessinant un lieu continu entre intérieur et extérieur pour la détente des brigadier.e.s.

Au delà de son rôle servant aux activités humaines, l'architecture intègre des dispositifs pour accueillir la petite faune: La mise en oeuvre de la brique de terre crue permet d'intégrer des briques propices aux oiseaux et aux chauves-souris, par l'intégration de briques nichoirs ou de cache-moineaux adaptés par exemple. Un travail plus fin de ces dispositifs sera mené suite à l'inventaire faune et flore qui sera élaboré par l'écologue de l'équipe de conception.

Plan de gestion

Les interventions paysagères seront menées en concertation avec les brigadiers qui en assureront la gestion. Elles s'organisent suivant trois aires demandant des types de gestion différents. Les espaces demandant un entretien régulier sont les plus petits et restent concentrés autour de la serre. Il s'agit principalement de la forêt comestible et des abords guivant vers l'entrée de la serre. Le degré de définition de cet espace sera étudié avec les brigadiers suivant le temps de gestion qu'ils souhaitent y apporter.





Vers une architecture climatique

Sous la serre, plusieurs dispositifs: une bande fonctionnelle en structure bois, un bâtiment social en briques de terre comprimée (BTC), des surfaces de travail minérales, et d'autres surfaces plantées.

Ainsi, le lieu interprète la demande de créer espaces chauffés de manière optimale, minimale, non chauffés, abrités du vent, ou simplement couverts pour en faire un environnement offrant des conditions de travail plurielles.

Il en résulte un lieu aux climats multiples où l'utilisateur choisit ses conditions de travail en fonction de ses besoins et ses desirs plutôt que de répondre techniquement au maintien artificiel d'une température de 20° tout au long de l'année.

Climats multiples

Le projet offre quatre températures différentes autres que l'extérieur, chacune adaptée à leur usage:

- l'espace le plus chaud sert les vestiaires. Il est au centre du bâtiment social. Par son inertie thermique, les murs en terre qui dessinent son périmètre diffusent progressivement la chaleur de cet espace sur sa périphérie.

- En second, les pièces périphériques du bâtiment social reçoivent la chaleur des pièces centrales et sont thermiquement ajustés par une pompe à chaleur.

- Le troisième climat offre des conditions de travail minimales pour l'atelier de bricolage et la réparation, régulé également par la pompe à chaleur.

- Le quatrième espace est celui de la serre. Il atténue les variations de températures de l'air extérieur, offrant aux travailleurs un climat adouci. C'est également un lieu baigné de lumière naturelle conférant une qualité d'espace de travail optimal.



Espaces de travail d'une ferme/bureau de conception, Overijse

Dans cette référence, plusieurs espaces de travail sont visuellement connectés entre l'intérieur et l'extérieur. Les travailleurs choisissent leur espace temporaire suivant leur envie.

Tendre vers l'autonomie

Bien que le projet soit relié au réseau, il expérimente les conditions d'une architecture autonome. Il pourrait être sensé à plus long terme, si l'autonomie fait sa preuve, de déconnecter la construction du réseau.

Tout d'abord, le projet intègre une production électrique par le photovoltaïque. Il s'agit à ce stade d'un pan de toiture orienté au sud de la serre, soit 180m², qui semble répondre à l'utilisation électrique d'un tel programme. Le temps d'étude de conception permettra d'affiner ces données.

Le chauffage assuré par une pompe à chaleur air/eau est alimenté en électricité par la production photovoltaïque.

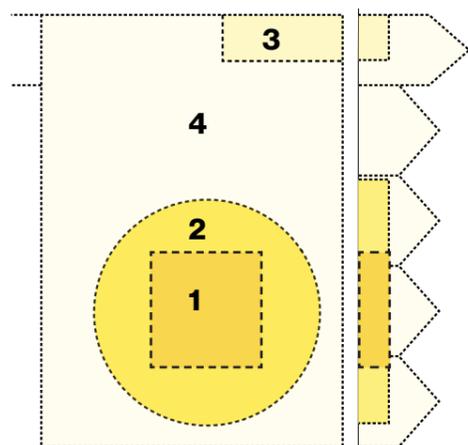
La toiture de la serre est un dispositif idéal pour la collecte des eaux pluviales. Elles sont stockées dans une grande citerne agricole prenant place dans le verger. Sa capacité de 75m³ permet d'utiliser l'eau pour les sanitaires, le lavage des engins, l'arrosage des espaces verts intérieurs, et la surverse peut alimenter la zone humide de la clairière.

Les eaux usées sont dirigées vers une micro station à filtre compact et la surverse est dirigée vers un espace d'épandage.

L'équipe de maîtrise d'oeuvre proposera durant la phase d'étude d'étudier la potabilisation de l'eau pluviale.

Considérant la récupération des eaux pluviales comme suffisantes pour subvenir aux besoins de la brigade forestière, le cycle de l'eau pourrait ainsi atteindre l'autonomie.

Considérant le gaz comme une énergie peu viable, trop énergivore, et ne semblant pas impérative au programme, le projet d'intègre pas de raccord au réseau à ce stade.

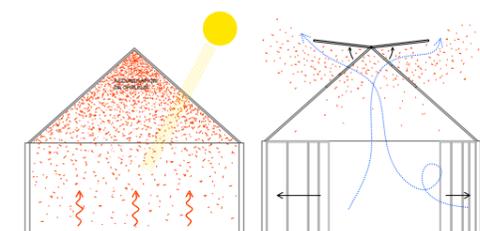


Un espace thermiquement contrôlé

Les climats multiples apporteront aux utilisateurs un outil de travail réglable, leur offrant une grande marge d'appropriation.

Ils expérimenteront l'inertie thermique et hygrométrique qu'apporte la construction en terre crue, ou les différentes qualités d'ensoleillement qu'offrent les rideaux solaires motorisés.

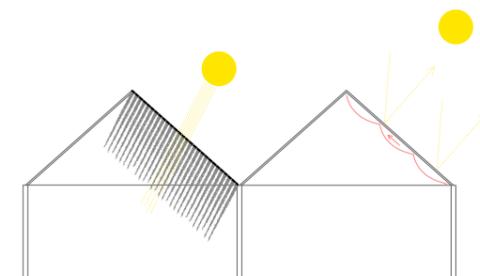
En intersaison ou l'été, les bureaux et réfectoire s'étendront dans l'espace végétalisé sous serre. L'utilisation spontanée de ces espaces génère un rythme quotidien vivant sur le site, et évite l'écueil de la séparation des brigadiers suivant leurs rôles.



Accumulation de chaleur évitée

- > ouverture automatisée au niveau du faîtage de chaque travée indispensable pour offrir une bonne ventilation

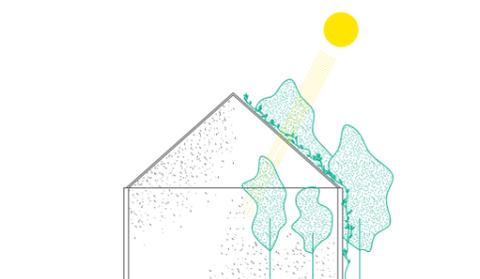
- > renforcé par les larges ouvertures en façade créant un renouvellement d'air régulier



Dispositifs de filtres solaires

- > vitrages photovoltaïques avec un recouvrement à 75% de la surface > production énergétique en plus de la protection solaire

- > Rideaux thermiques jouant le rôle d'occultants protégeant des rayons solaires

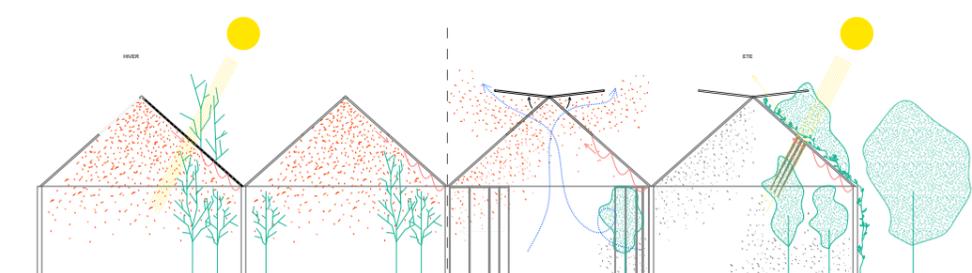


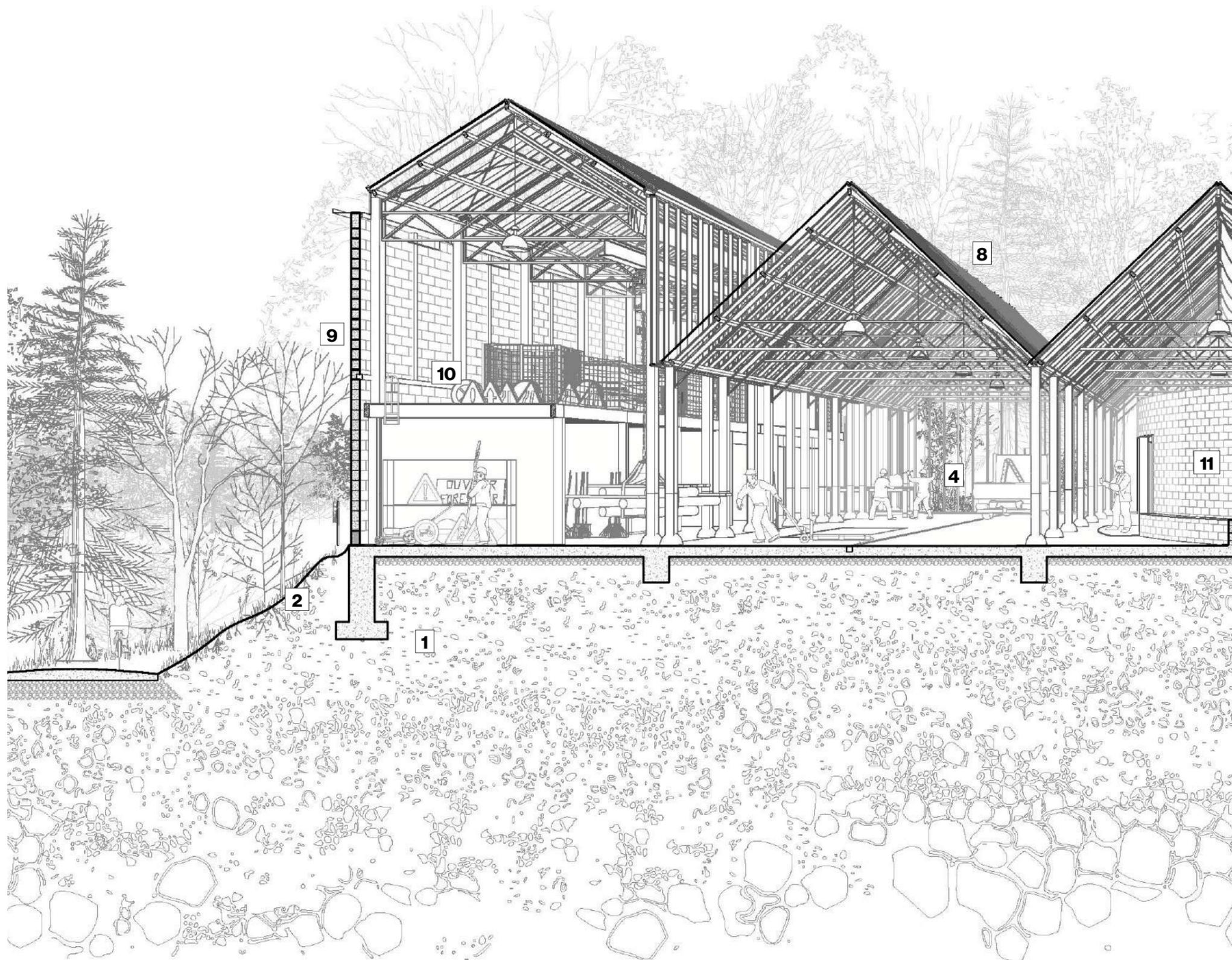
Filtre végétal intérieur et extérieur

- > à l'extérieur de la serre, de grands feuillus sont plantés dans le but de créer un ombrage en période estivale alors qu'ils laisseront pénétrer la lumière en hiver.

- Des plantes grimpantes couvrent également partiellement la structure

- > A l'intérieur, plusieurs strates végétales permettent de conserver les sols humides, participants ainsi à un climat mtempéré. des arbustes génèrent également des zones d'ombrage.





1. Sol forestier

Dans ce contexte spécifique, la question du sol est fondamentale.

Le projet le révèle par sa transformation en un matériau de construction. Après des premières recherches, la qualité limoneuse du sol permettrait de l'utiliser pour la création de briques de terre comprimée.

Le sol aussi révélé dans le alus abrupte à l'entrée du site. La pente abrupte offre une situation favorable au développement de la biodiversité: abeilles terricoles et autres insectes en font habitat privilégié.

2. fondations de soutènement en béton

Suivant la logique d'utiliser le bon matériau au bon endroit, les fondations sont réalisées en béton afin d'assurer la stabilité des constructions.

Une fondation profonde permet de stabiliser l'édifice face aux modifications topographiques réalisées dans le talus pour la création de l'accès.

3. Continuité intérieure / extérieure

Plutôt que de développer un nouveau type de paysage, le projet cherche à renforcer la biodiversité déjà existante par une végétation indigène.

Les façades de la serre ne créent pas de limite franche entre l'intérieur et l'extérieur mais se confondent dans un paysage variant suivant les milieux: couvert et irrigué artificiellement par la récupération d'eau en citerne, ou bien à l'estérieur recevant directement l'eau de pluie.

4. Hangar central

Placé au centre de la partie professionnelle, le hangar permet de stocker les engins lourds et véhicules à l'abri. Lorsque les véhicules sont en vadrouille, le hangar devient alors un large plateau

disponible et à l'abri. Il peut être utilisé pour le nettoyage des véhicules, la mécanique, le débitage, ou encore la fabrication de grands mobiliers forestiers.

Grâce à la serre, il offre aux travailleurs un confort thermique plus doux que la température extérieure tout au long de l'année.

5. toiture ventilée

La ventilation au faitage d'une serre est primordiale pour éviter l'accumulation de chaleur. Le modèle sélectionné répondra à cet impératif pour permettre aux utilisateurs de tempérer la serre comme ils le souhaitent.

Les serres agricoles ou horticoles possèdent majoritairement ce système. Bien qu'issue de la filière du réemploi, l'ajout de cet élément comme impératif n'est pas perçu comme une contrainte.

6. Rideaux thermiques

L'ensemble des pans de la serre orientés au sud intègrent des rideaux thermiques motorisés. Ils assurent une régulation contrôlée de l'apport de lumière naturelle dans la serre et protègent efficacement contre la surchauffe.

7. Végétation d'ombrage

Le projet paysager intègre une stratégie de plantation à l'intérieur de la serre, des plantes grimpantes sur la structure et de plus grands sujets hors de la serre apportant une qualité d'ombrage en période estivale.

Les essences sélectionnées sont à feuilles caduques afin de conserver l'apport solaire en hiver.

8. Production photovoltaïque

A ce stade, un pan sud de la serre est couvert par un vitrage photovoltaïque: il s'agit de cellules pho-



tovoltaïques pincées entre deux lames de verre dont la densité peut être choisie.

A ce stade, le projet comprend une surface de 180m² couverte par ce système, ce qui correspondrait aux besoins énergétiques de la brigade. La morphologie de la serre permet de multiplier cette production solaire par six si cela est souhaité. Le surplus de production sera renvoyé au réseau.

9. Mur acoustique

Face à la gêne du bruit causé par l'autoroute, la travée de la serre la plus au nord est plus haute que les autres. Cette volumétrie permet de mieux faire écran face à l'autoroute.

De plus, la facade nord est revêtue d'un mur réalisé en briques de terre crue (terre du site). Ce matériau présente d'excellentes qualités d'absorption acoustique faisant un rempart au contexte autoroutier et permet un espace de travail apaisé.

10. Mezzanine de stockage

Par la mise en place d'une serre plus haute côté autoroute, cette volumétrie est optimisée à l'intérieur: elle offre une large mezzanine de stockage sur l'ensemble de la bande logistique.

La structure bois est suffisamment dimensionnée pour répondre à une capacité de stockage de 250kg/m², permettant ainsi d'entreposer des mobiliers forestiers.

Les dimensions de la serre permettent d'intégrer un treuil pour faciliter le stockage d'éléments lourds.

Sous la mezzanine, la structure bois en poteaux-poutres offre une grande flexibilité pour la création d'alcôves suivant les besoins des ouvriers forestiers.

11. Inertie de la terre

Avec le bâtiment social construit en briques de terre comprimée (terre crue), le projet expérimente la capacité d'inertie de la terre à l'intérieur de la serre.

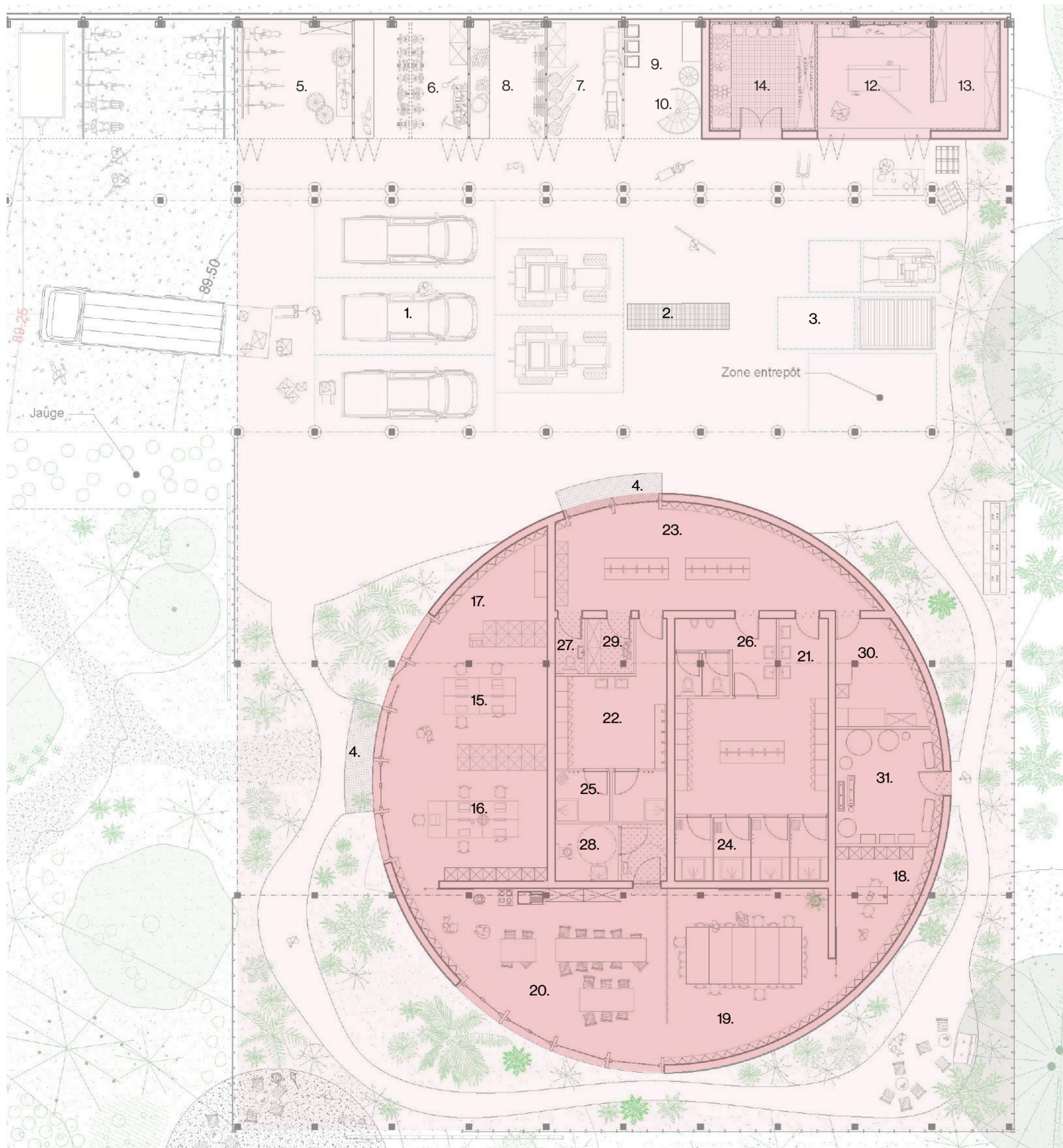
En hiver, l'inertie de la terre jouera un rôle de diffuseur thermique à l'échelle de la serre. En été, la forte capacité de déphasage du matériau permettra de conserver la fraîcheur à l'intérieur du bâtiment social.

12. Optimisation des espaces chauffés

La morphologie très compacte du bâtiment social permet de rendre l'espace chauffé très efficace: il regroupe l'ensemble des pièces nécessitant des conditions climatiques optimales et facilement réglables par une pompe à chaleur. Ses matériaux naturels (terre, paille et bois) lui confère une atmosphère chaleureuse.

13. Circulation intérieure et lumière naturelle

La circulation du bâtiment s'effectue en périphérie permettant ainsi de proposer un bâtiment sans couloirs, mais aussi d'offrir aux espaces principaux les volumes généreux aux parois courbes et baignés par la lumière naturelle tant en facade qu'en toiture.



Plan RDC 1:150

Serre

climat non chauffé mais tempéré, couvert, sécurisé

1. Garage OUFS / SURFS / guides forestiers	273 m ²
2. Fosse de graissage	4 m ²
3. Zone d'entrepôt	166 m ²
4. Sas propreté (2x 4m ²)	8 m ²
5. Aire de réparation / stockage vélos	20 m ²
6. Local outillage 1 (non motorisés)	20 m ²
7. Local outillage 2 (motorisés)	14 m ²
8. Stockage outils et panneaux (surface extra)	14 m ²
9. Dépôt cadavres animaux et déchets	10 m ²
10. Mezzanine stockage mobilier forestier et autres (accessible par escalier)	138 m ²
11. Local tempête "Urgence" (exérieur couvert et sécurisé)	6 m ²

Bande logistique

climat intermédiaire (partiellement chauffé)

12. Atelier (extensible dans la serre)	20 m ²
13. Magasin matériel	10 m ²
14. Local produits corrosifs et inflammables	15 m ²

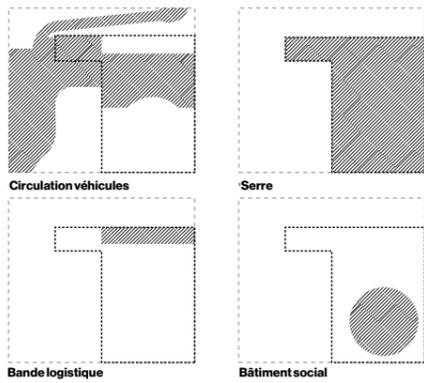
Bâtiment social

climat optimal (entièrement chauffé et régulé)

15. Bureau gardes	26 m ²
16. Bureau OUFS et SURFS	29 m ²
17. Archives	10 m ²
18. Bureau satellite / bulle interrogatoires	13 m ²
19. Salle polyvalente: réunion/formation	33 m ²
20. Réfectoire	45 m ²
21. Vestiaires hommes	35 m ²
22. Vestiaires femmes	20 m ²
23. Séchoir	34 m ²
24. Douches hommes	13,5 m ²
25. Douches femmes	6 m ²
26. Sanitaires hommes	9 m ²
27. Sanitaires femmes	2,5 m ²
28. Sanitaires visiteurs	5 m ²
29. Débarras	4 m ²
30. Infirmerie / médecine du travail	12 m ²
31. Local technique	17 m ²

Un lieu tant professionnel que convivial

Organisation spatiale en 4 éléments



L'usage professionnel du site est organisé en quatre partis ayant chacune ses spécificités. En se superposant, ces qualités se combinent pour offrir aux brigadiers un outil de travail mais aussi un lieu convivial riche de situations.

1. Circulation véhicules

L'espace extérieur dédié à la circulation des véhicules est stabilisé afin d'éviter la déformation due au poids des engins lourds. Son sol est perméable à l'extérieur, et en béton à l'intérieur pour faciliter son nettoyage.

Cet espace minéral relie l'accès par la chaussée de Wavre au chemin forestier actuel. Il supprime ainsi la nécessité d'utiliser l'accès à la maison forestière voisine pour accéder au site.

Il intègre également les parkings prenant place dans l'épaisseur de la lisière, en relation directe avec la brigade.

2. Serre

La serre rassemble sous un seul et même toit l'ensemble des fonctions du site, tout en offrant des espaces généreux et diversifiés.

Elle devient l'identité de la nouvelle brigade: une construction qui ne s'affirme pas comme une architecture objet mais qui reflète plutôt l'environnement forestier par son enveloppe vitrée.

3. Bande logistique

Au nord de la serre, la bande logistique intègre tous les espaces de stockage et ateliers de travail.

Cette construction en bois se distingue en 4 parties. Une première partie extérieure couverte comprend des garages vélos, le local tempête facilement accessible (petite construction sécurisée). La seconde partie accueille une grande zone de stockage outillage qui peut être facilement compartimentée comme le souhaitent les brigadiers: zone d'entretien vélos, stockage petits outils, panneaux, tronçonneuses et débroussailluses, tri déchets, etc... La structure bois permet de fixer facilement des portes si la sécurité doit être augmentée.

La troisième partie est isolée et chauffée: c'est le local de réparation connecté au magasin matériel. Il intègre également les produits corrosifs. Bien que cet espace réponde aux dimensions demandées, ses larges portes invitent les brigadiers à utiliser l'espace de la serre éclairé naturellement comme prolongement de l'atelier.

Le quatrième espace utilise le plafond dans la bande logistique à l'intérieur de la serre pour créer une large mezzanine de 140m², offrant une grande générosité de stockage (bancs, matériaux bruts, etc...). Il est accessible par escalier. La structure de la serre permettra de fixer un treuil pour faciliter le mouvement des éléments stockés.

4. Bâtiment social

Il s'agit d'un bâtiment circulaire de 400m² organisant les fonctions chauffées du site.

Sol murs et plafond sont traités de manière uniforme dans l'ensemble des espaces: béton lissé au sol, murs en terre (enduit terre contre l'isolant, ou briques de terre comprimée si non isolé), bois au plafond.

Au centre, les vestiaires sont à la fois spacieux et fonctionnels. Ils bénéficient d'un éclairage zénithal généreux. Les murs en terre participent à la régulation de l'hygrométrie tout en apportant une atmosphère chaleureuse.

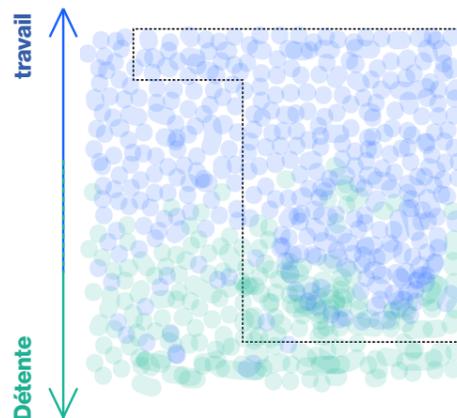
Les pièces en périphérie s'organisent suivant le contexte du site: au nord, le séchoir est accessible depuis le hangar de stockage et la bande logistique; à l'ouest, les bureaux ont une vue panoramique sur les activités extérieures du site, et permettent de facilement accueillir les visiteurs arrivant par le parking; au sud, le réfectoire et la salle de réunion s'ouvrent sur la prairie fleurie; à l'est, une porte permet l'accès au local technique.

Equilibre entre espaces de travail et de repos

Pour le confort des brigadiers, le projet organise distinctement les espaces de travail de ceux destinés à leurs pauses et loisirs.

La partie nord de la serre héberge les espaces logistiques, puis le bâtiment social articule le travail administratif et vestiaires côté nord, alors qu'il accueille le réfectoire et s'ouvre sur la prairie fleurie côté sud.

Les travailleurs peuvent ainsi délimiter distinctement leurs activités tout en restant à proximité.



Brigade bijoux : faciliter l'appropriation un savoir-faire à valoriser

Les équipes des deux brigades communiquent volontairement ou non la passion qu'ils dévouent pour leur métier. A la visite des lieux, on comprend rapidement que leur activité dépasse le cadre d'une simple profession.

Les brigadiers possèdent une connaissance du milieu forestiers et un savoir-faire qu'ils mettent à profit dans leur environnement de travail par la construction de ce qu'ils nomment eux-mêmes les "Brigade-bijoux".



La multiplication de ces petits éléments - bancs, tables de pique-nique, nichoirs, abris, barbecue, barre de sport, etc - révèle l'importance qu'ils accordent à leur environnement de travail et que celui-ci représente plus pour eux.

L'équipe de conception propose une collaboration avec la brigade 2 pour développer une réflexion sur la manière dont peut être exploité ce savoir-faire au service du projet.

Il pourrait par exemple commencer par un inventaire exhaustif des "brigades-bijoux" et de ceux en projet, puis réfléchir à leur systématisation, ou enrichir la collection par des points d'eau pour les oiseaux, fontaine, brumisateurs, zone barbecue, espace sport, etc.

Autant d'éléments pouvant renforcer les interactions entre la faune, la flore et l'activité humaine de la brigade.

Structure métallique serre de réemploi
50mm x 50mm

Lame de zinc / Panneaux fibre de bois
hydrofuge (Celit 4D) 2cm / Chevrons pour
pente de toiture / Laine de bois 8cm /
Isolation ballots de paille 36cm / Panneau
de bois contreplaqué 2cm / Structure bois

Ceinture béton 150mm x 400mm

Laine de bois en vrac et retour d'isolation
laine de bois (8cm)

Structure métallique serre de réemploi
200mm x 200mm

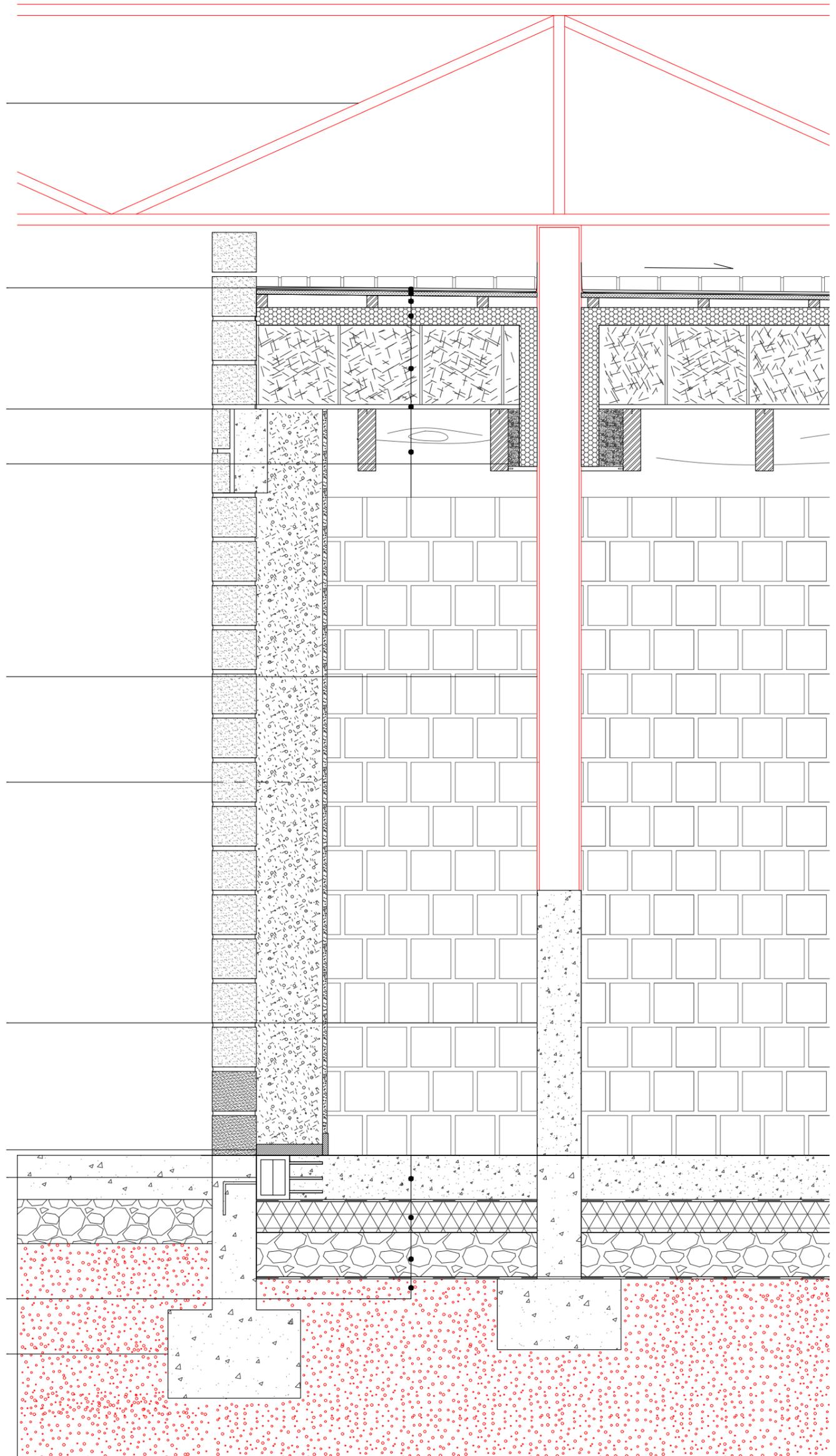
Brique de terre crue 180mm x 200mm x
300mm / Isolant Paille Vesta eco wall 30cm
/ Enduit de terre 2cm

Poteau béton 200mm x 1200mm pour
support serre existante

Lisse basse bois (5cm) et plinthe
Rupteur thermique

Dalle béton de structure lissée (20cm) /
Membrane polyéthylène / Isolation PUR
projeté (14 cm) / Membrane polyéthylène /
Hérission gravier roulé 20/50

Fondation béton



Valoriser les ressources en circuit ultra-courts

Intervenir en tant que concepteur dans un milieu si spécifique demande un engagement radical. La constitution de notre équipe a été étudiée pour concilier précisément cette volonté de départ: paysage, environnement, et architecture formeront un tout supérieur à la somme des parties.

Pour cela, nous proposons d'imaginer un site construit avec sa matière. Ici, la terre, le bois, le végétal. Nous utilisons ces trois éléments comme des invariants autour desquels seront uniquement ajoutés des matériaux à forte valeur locale ou de réemploi.

De plus, l'équipe de conception s'engage dans une démarche de mise en oeuvre low-tech par le matériau terre. Les propriétés d'inertie thermique, de perméabilité de l'enveloppe, de régulation hygrométrique et acoustique ont été intégrées dès le début de la conception pour améliorer les qualités spatiales, de confort et esthétiques de la construction.

Réemploi structurel

Le réemploi structurel pour la mise en oeuvre de la serre est une ambition majeure du projet. Cette ambition est détaillée en p.16 de la note.

Mise en oeuvre exemplaire

Par ce projet, l'équipe de conception tient un engagement: celui de réduire au maximum le nombre de couches de matériaux de plus en plus nombreux dans le domaine de la construction. Ces matériaux habituels ont des durées de vies différentes, rendant les bâtiments très vite obsolètes.

L'utilisation de la terre combinée à la paille est le fruit d'une réelle recherche de simplification des couches de matériaux utilisés pour à la fois répondre aux exigences PEB mais aussi diminuer au maximum l'emploi de matériaux industriels, souvent non biosourcés. C'est une approche plus frugale et plus globale: il ne traite pas uniquement la conformité thermique mais permet de gérer les questions de régulation hygrométriques, d'inertie, de respect environnemental, de qualité acoustique et permet également d'offrir une finition intérieure à l'esthétique faisant sens dans ce contexte.

Il s'agit ici d'une innovation relative, puisque l'usage de terre en structure et de fibres végétales pour l'isolation n'est pas nouvelle. Cependant, sa mise en oeuvre reste encore trop rare et sous-développée. Le choix d'assumer un enduit de terre en matériau de finition contribue à communiquer sur les potentiels de ce matériau écologique, durable, résilient et que l'on peut donc qualifier d'exemplaire.

La terre, une ressource locale.

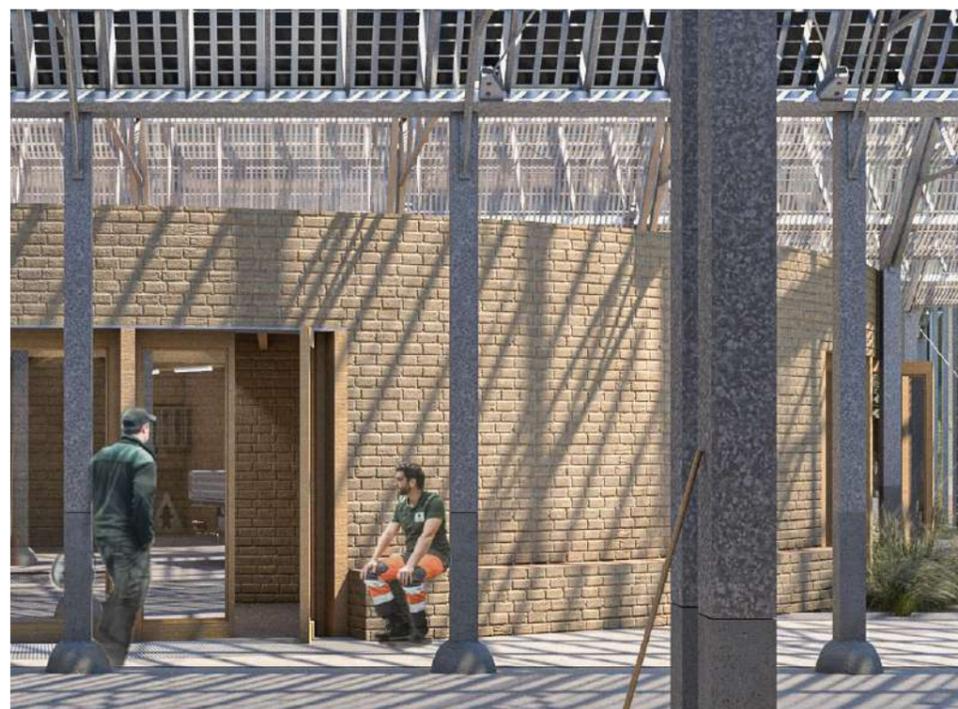
Au fil du développement de la filière, la terre implique très peu de transport, car la matière première est disponible partout, tout autour de nous. Pour aller plus loin dans cette démarche, nous souhaiterions travailler avec la terre du site et en partenariat avec des acteurs locaux de la filière de briques cuites qui sont bien implantés dans la région pour produire nos propres briques en terre crue sur place. Dans la construction de la brigade forestière d'Auderghem, nous envisageons deux utilisations du matériau terre: des murs en briques de terre crue et des enduits intérieurs en terre. Les murs ont été choisis judicieusement pour apporter de l'inertie thermique, réguler l'hygrométrie et pour son excellente performance acoustique. Par ailleurs, plus il y a d'inertie, moins il y a de surchauffe (de plus en plus fréquente), surtout si le triptyque isolation/inertie/hygrométrie est correctement géré. L'utilisation de la terre du site sera validée par le BE Terre par suite d'analyses et tests de performance de la matière, des matériaux produits et des chaînes de production.

L'utilisation de la terre du site peut être pensée comme l'adéquation entre besoin et moyens. Les ressources mobilisées pour construire sont à la genèse du processus de conception du projet. L'architecture définit un état de transformation de ces ressources en vue de répondre au programme de la brigade forestière. Face aux impacts de la construction sur l'environnement, le projet est une opportunité d'engager un changement de paradigme dans la pratique, démonstrateur d'une exemplarité reproductible.

L'innovation constructive réside dans la maîtrise de son processus de réalisation, depuis l'extraction des ressources jusqu'à leur mise en oeuvre sur le chantier. Le projet est ainsi pensé en lien direct avec les ressources mobilisées pour le construire, matériels et humains, ainsi l'équipe du BE Terre est activement impliquée dans le développement ou la réactivation de leurs filières d'extraction, de production et de construction. Le lien entre le chantier de construction et les ressources mobilisées à cet effet est aujourd'hui une clé incontournable pour réduire les impacts du secteur du bâtiment sur l'environnement. Au-delà de la valorisation des qualités environnementales d'un projet à travers des labels, cette relation directe permet d'assumer en connaissance de cause la responsabilité de l'acte de construction. Connaître d'un bout à l'autre toute la chaîne d'approvisionnement, de transformation puis de mise en oeuvre de la matière permet d'en mesurer précisément les impacts réels. Son évaluation environnementale peut ainsi être réalisée en intégrant précisément les données des différents chaînons de la filière.

Ainsi, chaque filière mobilisée pour ce chantier, pourrait développer sa propre construction sera ainsi plus fiable, du fait de la proximité et de la transparence des filières concernées. Cette connaissance permet en outre d'apprécier les forces ou les faiblesses des acteurs économiques concernés. La conception du projet pourra ainsi valoriser les atouts tout en cherchant à minimiser les impacts négatifs. Ainsi, la mobilisation de filières courtes comme celle de briqueteries de la région identifiées, permet d'en connaître précisément les impacts environnementaux, afin de pouvoir définir des processus de construction capables d'en améliorer le bilan. Dans cette perspective nous irons réaliser une production des briques en terre crue utilisant la terre du site. Avec une production sur place ou en partenariat avec les briqueteries locales nous pourrions valoriser des bilans environnementaux capables d'atteindre des niveaux de performance très hauts, en termes de bilan carbone.

En outre, une réflexion collaborative transversale entre concepteurs, constructeurs et industriels producteurs ou extracteurs, permettra à court et moyen terme d'améliorer encore les processus industriels et de construction, afin d'en réduire encore les impacts environnementaux dans le



secteur de la construction.

Si après l'analyse de la terre du site BE Terre conclu que la matière n'attend pas les performances attendues pour la réalisation d'une production de briques avec la terre du site, une deuxième solution est envisagée. En s'appuyant sur les filières locales il serait possible d'utiliser les terres d'excavation de Bruxelles comme ressource pour une production encore locale. D'ailleurs aujourd'hui une filière de production de briques de terre crue utilisant les terres d'excavation de Bruxelles existe déjà avec des performances environnementales remarquables.

Le bon matériau au bon endroit.

Dans le projet de la construction de la Brigade Forestière d'Auderghem l'utilisation de la terre est particulièrement pertinente. Le parti pris du projet de réutiliser des serres pour protéger l'ensemble du projet permet aux constructions en terre d'être protégées de la pluie et des intempéries. Cette sécurité est encore plus intéressante quand elle est pensée pour protéger le chantier pendant la phase de construction des murs en terre, comme proposé. De plus, le mariage des murs épais en terre avec grande inertie et la serre avec des espaces tampons semi-chauffés vont optimiser le confort en hiver. Les murs en terre joueront son rôle rafraichissent pendant l'été, associés à une bonne ventilation le projet aura un bon confort d'été.

Un mur en terre sera aussi proposé comme barrière acoustique, car le matériau dense et poreux présente d'excellentes performances acoustiques.

La technique pressentie pour le projet est la brique de terre crue (moulé, extrudé ou compacté selon analyses). Ce choix vient d'une analyse du contexte du projet. La technique locale plus courante reste la maçonnerie de petits éléments (briques cuites). Cela donne d'une part indices de la disponibilité de la matière première pour la production des matériaux (terre argileuse) et d'autre par la disponibilité du savoir faire des artisans et producteurs locaux. Au-delà des aspects de faisabilité et techniques, les constructions en briques auront une insertion plus harmonieuse dans un contexte régional, tout en affirmant son caractère innovateur et en direction d'une architecture avec faible impacte environnemental, car sans cuisson.



Matériau Brickette développé par l'entreprise BC Materials

Si la terre du site s'avérait trop complexe à mettre en oeuvre, d'autres approvisionnements seront étudiés. Le matériau ci-contre valorise les terres issues des excavations bruxelloises pour la transformer en matériau de construction.

Serre de réemploi

“80% des bâtiments prévus pour 2050 ont déjà été construits. La responsabilité essentielle des architectes et des promoteurs est donc de moderniser, de réutiliser et de réimaginer notre parc immobilier existant, en utilisant le « carbone incorporé » qui a déjà été dépensé, plutôt que de contribuer à l’escalade des émissions avec de nouvelles démolitions et de nouvelles constructions.”

Building for Change, Ruth Lang, 2022

Une construction à forte valeur symbolique

Il y a urgence de remettre en question les modes de construire actuels. Bien que de nombreux progrès soient faits par l’intégration de l’économie circulaire, le marché du réemploi structurel peine à se développer.

51N4E développe activement plusieurs projets faisant juris-prudence dans la mise en oeuvre de réemploi structurel. Au delà de ses qualités spatiales, d’éclairage naturel, d’adaptabilité et de durabilité, la serre est un excellent dispositif pour intégrer la notion de réemploi dans le projet.

Son échelle conséquente et sa démontabilité (qui sera prouvée par le processus) en font un projet visant l’exemplarité environnementale par la mise en oeuvre d’un “carbone incorporé”.

Filière de réemploi des serres

La Belgique et les Pays-Bas sont deux pays possédant un grand gisement de serres agricoles et horticoles. Elles sont régulièrement remplacées car obsolètes dans leurs installations techniques ou par volonté de remembrement de parcelles ou d’échelle de production. Certaines de ces serres se retrouvent sur le marché de seconde-main, pouvant parfois être détournées de leur usage initial.



Serra – Un Soggiorno Segreto, 2020
Une serre horticole transformée en espace d’enseignement

Modèle/reproductibilité :

Il existe aujourd’hui un certain nombre de structures répertoriées en attente d’une possible réutilisation. Ces structures, issues de la construction industrielle sont en général basées sur une mise en oeuvre simple, rapide qui offre un maximum de possibilité et de flexibilité. Le recours à des assemblages démontables, à sec, permet une facilité d’adaptation aux changements d’affectation ou à l’intégration de nouveaux éléments ou installations. (‘Design for deconstruction’) Les éléments en grande partie préfabriqués sont pensés en termes de transportabilité.

Le réemploi répond également pleinement aux défis de la construction durable et de l’exemplarité quant au choix des matériaux lancés par le maître d’ouvrage.

Le réemploi s’entend ici comme une manière de prolonger la durée de vie d’un produit ou d’un matériau, sans que ce dernier n’acquière le statut de déchet. Dans ce cas, le réemploi constitue une opération de prévention des déchets.

Une autre forme de réemploi consiste à extraire du flux des déchets un produit ou un matériau qui est apte à un nouvel usage. On parle alors de préparation des déchets au réemploi, comme l’une des opérations de traitement des déchets.

La prévention des déchets et la préparation au réemploi sont définies par les législations belges et européennes comme des modes de gestion de la matière à considérer de manière prioritaire, avant le recyclage et l’élimination.

Adaptabilité au projet

Par la dissociation structurelle entre la serre, la bande logistique et le bâtiment social, la proposition actuelle n’est pas figée sur un modèle de serre spécifique (cela irait à l’encontre de la

démarche) et montre que le projet ne dépend pas de l’acquisition d’une structure précise, mais d’une conception d’une couverture à partir d’un élément existant.

Une expérience riche d’apprentissage

En 2017, 51N4E a développé un projet de Recypark pour le client public Bruxelles Propreté. Le projet utilise le réemploi d’un ancien manège équestre situé à Liège pour couvrir le quai de déchargement du nouveau Recypark d’Anderlecht.



Recypark Anderlecht, 51N4E, 2017 - 2022

Le projet étant aujourd’hui en construction, l’intention de réemploi a été maintenue mais a soulevé de nombreux questionnements sur la complexité du réemploi structurel.

La plus-value du réemploi structurel est évidente et très bien résumée dans la citation ci-contre de Ruth Lang. Cette approche demande cependant une réelle volonté du Maître d’ouvrage d’accepter les contraintes du réemploi structurel, bien différentes du réemploi de matériaux de revêtements. Il est par exemple important d’accepter les distances entre-axes, la capacité portante, les frais dus à sa remise en état, la nécessité de stockage temporaire, etc.

Ces points sont essentiels pour conserver la “simplicité” d’une volonté de démontage-remontage équivalent à une rénovation, et ne pas se diriger vers la transformation structurelle qui est d’une toute autre complexité.

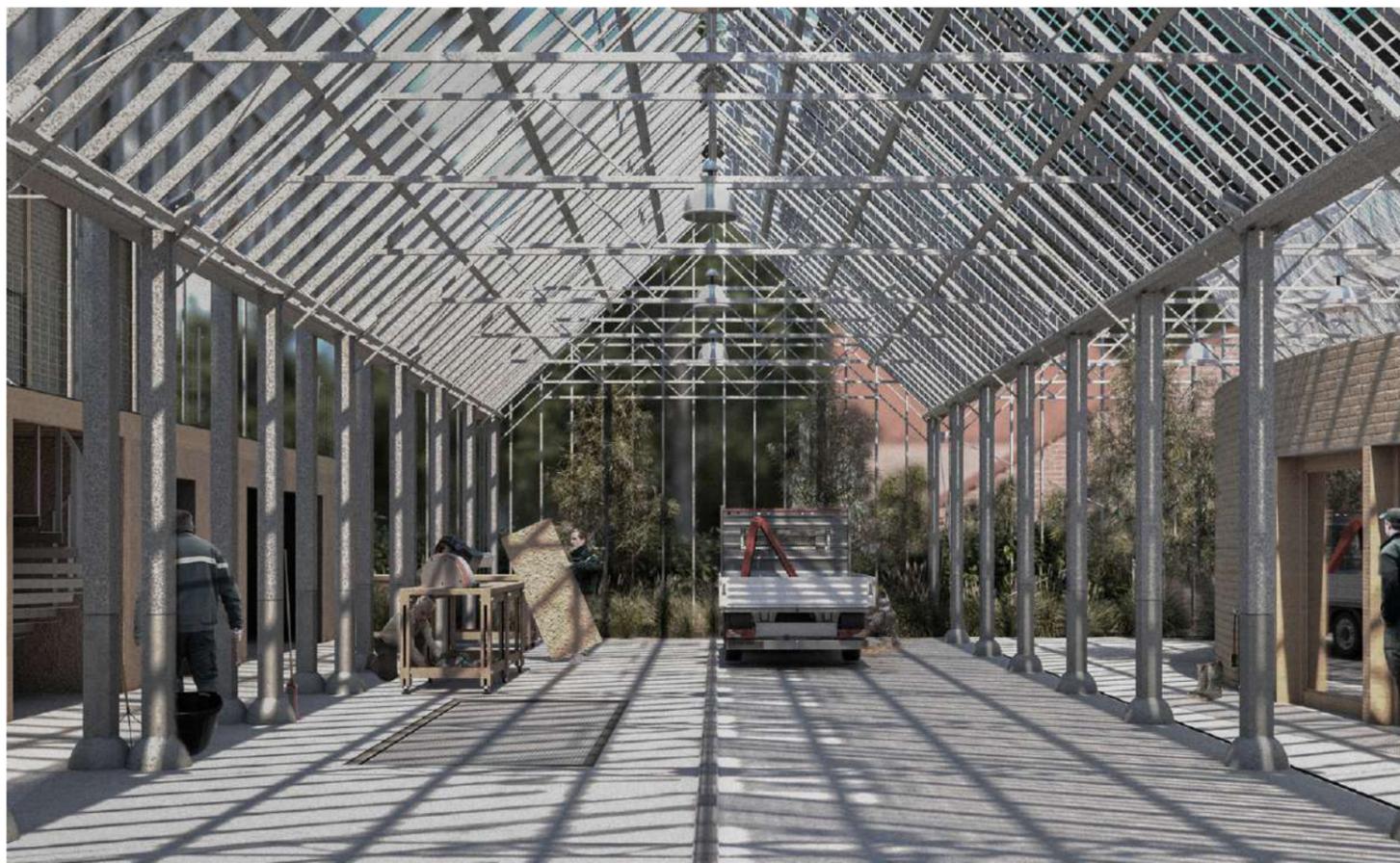
Garanties et assurances

Le projet Recypark a aussi permis de lever de nombreuses zones d’ombre sur les questions de garantie et d’assurance. Etant dans une approche singulière et non standardisée à chaque projet, l’approche du réemploi structurel impose d’accepter que personne ne garantir (dans son sens juridique) que l’ouvrage ne souffrira d’aucun dommage dû au réemploi. Aucun acteur ne peut prendre la responsabilité d’un éventuel problème inconnu à la livraison de l’ouvrage.

L’équipe de maîtrise d’oeuvre peut cependant réaliser une série d’études confirmant ou non la faisabilité de la proposition, en impliquant notamment des tests de détermination de la qualité des matériaux, relevés précis, tests destructifs, détermination de la résistance à la compression, à la flexion, au flambement, classe structurelle, durée de vie, résistance au feu, etc. Suite à ces tests, l’assurance du client accorde d’extrapoler les résultats sur l’ensemble de la structure réemployée à partir de la réception provisoire. Cette assurance police globale inclut toutes les parties (client, concepteurs, ingénieurs, entrepreneurs, bureau de contrôle). Le risque résiduel du réemploi est donc bien couvert.

L’intégration d’un bureau de contrôle dès la phase de conception peut également s’avérer intéressant pour donner un cadre à l’ensemble de ces démarches.

En 2021, 51N4E a fait partie d’un consortium aux côtés de Rotor et des grands groupes d’assurances de la construction pour développer une méthodologie spécifique au réemploi structurel et non structurel que notre équipe partagera avec le client pour rassurer tous les partis et s’assurer que l’ambition du réemploi voit réellement le jour.



Approche structurelle: un impact faible sur le site

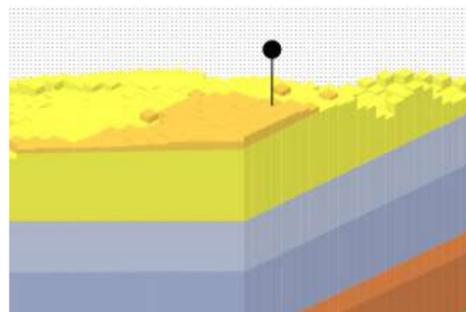
Philosophie générale

Les objectifs de circularité et de développement durable du projet influencent les choix structurels d'abord par l'ambition du réemploi de la structure de la serre, ensuite par l'utilisation minimale du béton. Le matériau est uniquement utilisé en fondation où cela est absolument nécessaire pour garantir une assise stable aux bâtiments.

Les superstructures des bâtiments neufs sont prévues en ossature bois, en maçonnerie de terre crue ou un mixte des deux. Des matériaux dont l'empreinte carbone est nettement moins importante que le béton, l'acier ou la terre-cuite.

Sol et fondations

La lecture des forages virtuels sur Brugeotool est instructive.



Source: Brugeotool, chaussée de Wavre/forêt de Soignes, 22/8/2022

Le terrain est situé sur un plateau à environ 90m d'altitude. La présence de remblais important nous semble peu probable, le site ayant été peu remanié. Ensuite, on trouve des sables de Lede et rapidement le sable Bruxellien. D'expérience, les capacités portantes du sable permettent des fondations superficielles. Toutefois, les hypothèses concernant la capacité portante devront être confirmées par des essais de sol.

Fondations

Au regard de ces premières observations et en tenant compte des faibles charges projetées, nous avons pris l'hypothèse de fondations superficielles. On distinguera les fondations sur radier du bâtiment social, des semelles filantes pour les espaces de stockage et le mur acoustique, des fondations sur plot préfabriquées pour les colonnes des serres. Pour favoriser la démontabilité du bâtiment, ce type de fondation pourrait ainsi être posé et déposé sans laisser de béton dans le sol et donc présenter un faible impact sur le site.

Dalles de sol

Un radier sera probablement nécessaire pour le sol du hangar afin de pouvoir accueillir de charges de voirie importante (camions, remorque, stockage...). L'épaisseur du radier sera adaptée fonction des résultats des essais de sol.

Cependant, l'équipe de conception pourra soutenir le client s'il souhaite encore approfondir la qualité environnementale de la construction en utilisant un sol de type Komex. Ce choix aurait par ailleurs un fort impact positif sur le budget.

Stabilité des structures

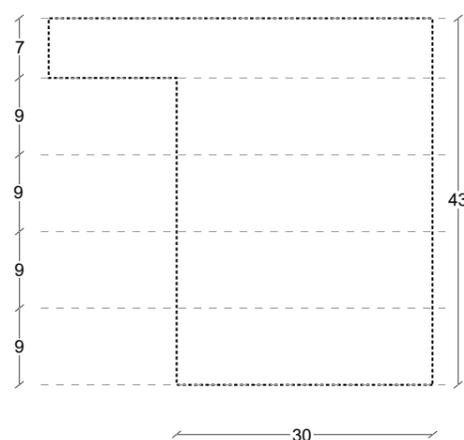
On distingue quatre types de structures dans le projet:

- l'enveloppe (serres)
- le bâtiment social
- la bande logistique
- le mur acoustique

Serre:

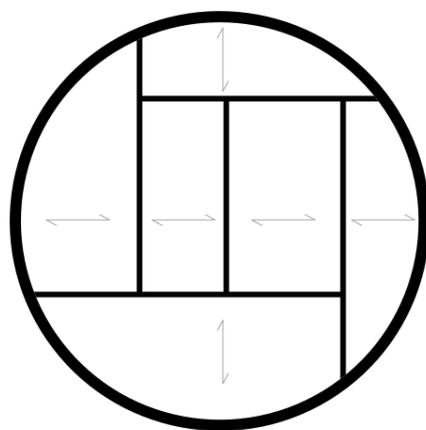
La structure sera déterminée par l'opportunité de récupérer une serre existante. Le cas échéant, des renforts ponctuels seront à prévoir pour adapter la structure aux besoins du projet: ouvertures, zones de manœuvre élargie, déplacement de contreventement etc. La philosophie de réemploi de ce projet nous incite néanmoins à tirer profit au maximum de la structure existante. Les structures des serres sont considérées comme

auto-stables par rapport aux charges permanentes, d'entretien et climatiques (vent, neige). Le poids, l'entraxe et les portées de ces structures auront un impact sur les fondations. Afin de diminuer le prix des fondations et des renforts éventuels, on cherchera à rationaliser au maximum les portées afin d'avoir un système le plus répétitif possible et le plus proche de sa forme originelle.



Bâtiment social

Ce bâtiment sera fondé sur un radier en béton armé avec une longrine hors gel périphérique. Entièrement de plain-pied, Les charges de toiture très faibles (entretien et poids propre) permettent une structure légère en gîtage bois résineux local (+OSBIII sans formaldéhydes) qui reposera en périphérie et au centre sur des murs en terre crue. Les portées des grandes ouvertures pourront être gérées par des éléments en bois lamellé-collé. Des colonnes intérieures en métal reprendront la trame structurelle de la serre. Cette dernière couvrira l'ensemble du bâtiment, protégeant les murs en terre crue des intempéries. Ce qui rend l'usage structurel de la terre crue optimal dans ce cas-ci.



Bande logistique

La bande reprenant les espaces de stockage, atelier etc. est supportée par une structure en ossature bois qui reprend les charges de l'étage en mezzanine permettant d'y déposer du matériel en hauteur. L'ossature bois est liaisonnée à la structure des serres pour bénéficier du contreventement de ces dernières ou au contraire servir de renfort. Protégé des conditions météorologiques par la serre, le bois utilisé ne nécessite pas de répondre à une qualité structurelle de classe supérieure, et favorise donc l'usage de bois local.

Mur acoustique:

Ce mur relève plus du parement que de la structure mais son élancement impose la prise en compte d'une structure de support. Il s'agit d'une structure mixte. D'abord des montants bois assurent la raideur et la bonne transmission des efforts de vent du mur à la structure des serres qui est contreventée. Ensuite, un remplissage en terre crue auto-stable verticalement assure la barrière acoustique. La structure bois n'est pas exposée du côté extérieur, ne nécessitant ainsi pas de traitement ou d'entretien particulier.

Les briques de terre crue recouvrent la structure bois pour en assurer sa protection.

La fondation du mur impose un approfondissement afin d'assurer une bonne stabilité de l'édifice proche du talutage créé par le chemin d'accès.

Terre de déblais

L'implantation des constructions a été minutieusement élaborée afin de limiter les déblais/remblais sur le site. Des déblais issus des fondations et de la modification du talus sont cependant nécessaires pour répondre de manière adéquate au programme envisagé.

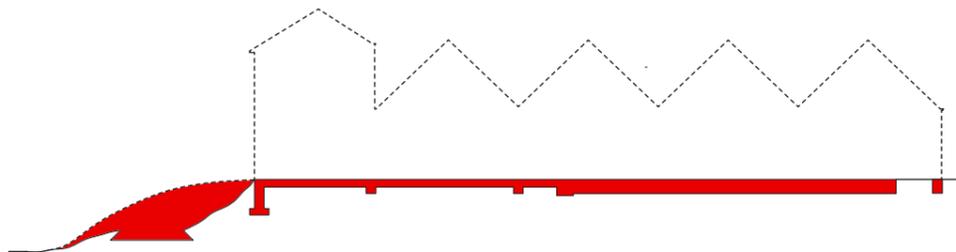
Suite à une modélisation 3D, nous parvenons à compter de manière précise un mouvement de 1100m³ de terres.

Par l'approche circulaire du projet, seulement la moitié de cette quantité sera évacuée du site, ce qui représente une faible quantité pour un chantier de cette envergure.

Environ 300m³ seront réemployés pour la construction de briques de terre comprimées si la qualité de la terre est compatible.

Environ 200m³ seront réutilisés sur site pour la création de pentes et paysages de micro-topographie créé au niveau de la forêt comestible.

L'équipe de maîtrise d'oeuvre prendra le soin de valoriser la terre évacuée non polluée vers une filière de construction terre, ou bien en terre de culture.



Impact des terres de déblais 1100m³ dont 500m³ réemployés sur site

Coût environnemental du réemploi, du bois et de la terre

Le coût environnemental de réemploi et du bois est bien inférieur aux structures traditionnelles dans la mesure où ces deux procédés stockent le CO² et évitent la production du CO² des autres matériaux neufs ou non biosourcés. Le réemploi "stocke" le CO² non produit par le recyclage et la démolition de la matière, mais aussi par l'absence de production du matériau.

La terre est quasiment neutre en émission de CO² lorsqu'elle est prise sur le site. Seules les émissions de engins d'excavation et de mise en forme sont à prendre en compte, ce qui est négligeable par rapport à tout autre matériau de construction.

Réflexion conjuguant durabilité spatiale, économie circulaire et intégrations techniques

Consciente de la centralité du thème de la durabilité dans ce projet ainsi que de son contexte si précieux, l'équipe de conception a développé avec soin une approche environnementale holistique. Elle articule les questions de l'impact d'une nouvelle construction dans ce milieu (vers le 100% démontable), de régulation thermique, de choix de matériaux issus de circuits ultra-courts et biosourcés, et un choix d'éléments techniques en cohérence avec ces ambitions.

La serre: un climat intermédiaire à forte plus-value environnementale

De manière générale, les compositions de parois sélectionnées pour le projet permettent d'atteindre des performances thermiques élevées en vue de réaliser un site de travail très performant à faible impact environnemental.

La serre permet d'agir comme une double peau et de former un microclimat autour du bâtiment social. Ce microclimat joue un rôle important dans la thermie du bâtiment, il permettra aux parois de limiter leurs déperditions thermiques, rendant ainsi les parois encore plus performantes que la valeur calculée pour l'instant ($U = 0.12 \text{ W/m}^2\text{K}$).

Le bâtiment social: une construction compacte et généreuse

La morphologie compacte du bâtiment social permet de rendre l'espace chauffé très efficace. La circulation du bâtiment s'effectue en périphérie permettant ainsi de créer un plan supprimant tout couloir, mais aussi d'offrir aux espaces de vie principaux les volumes généreux le long des parois courbes, baignés par la lumière naturelle zénithale et en façade.

Constructions adaptables

L'indépendance des structures entre la serre et le bâtiment social offrent une grande liberté d'abord dans la phase de conception du projet, et aussi de l'évolution du site.

L'adaptabilité des espaces sur des temps très courts permet d'offrir une flexibilité maximale et donc une grande diversité dans les différentes utilisations.

Flexibilité d'usages

Le bâtiment est pensé comme outil évoluant constamment selon les nécessités de la brigade. Les structure de la serre et la bande logistique sont pensées à cet effet. Leurs portée et matérialité offrir une grande souplesse pour améliorer constamment l'organisation des travailleurs.

Tendre vers le 100% démontable

Considérant l'implantation du projet en zone Natura 2000, il apparait pertinent de tendre vers des structures entièrement démontables.

Le projet propose des fondations et un dallage en béton comme infrastructure pérenne. L'intégralité des autres éléments est démontable et peut rejoindre une filière de réemploi (serre et techniques), ou bien retourner à l'état de matière naturelle (constructions terre, paille et bois).

L'équipe de conception est ouverte à étudier la suppression des dalles béton en les remplaçant pour un matériau minéral naturel dans le hangar (type komex) et de dalle de terre comprimée à l'intérieur du bâtiment social. Ce choix aurait une forte cohérence dans la volonté de tendre vers le 100% démontable.

Infrastructure en béton de réemploi

La filière traditionnelle du béton évolue rapidement depuis ces dernières années pour intégrer un pourcentage grandissant de granulats de béton de réemploi. Cette piste sera étudiée par l'équipe afin de tendre vers un béton maximisant la quantité de matériau de réemploi.

Pace-layering

Cette notion souligne l'importance de réfléchir à l'assemblage des matériaux selon leurs durées de vie différentes. La perspiration offerte par la terre permet des compositions de façade évitant cet écueil.

Conception énergétique et coûts d'exploitation

La méthodologie proposée s'inscrit dans la logique de développement durable et applique dans l'ordre (ordre d'efficacité économique) les trois piliers suivants :

- La réduction des besoins énergétiques
- L'utilisation rationnelle de l'énergie par le recours à des systèmes performants
- La production énergétique alternative voire renouvelable

La méthodologie appliquée vise dans un premier temps à optimiser les installations afin de réduire leur consommation en énergie primaire résiduelle (pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire et les auxiliaires).

Dans un second temps, les consommations résiduelles seront compensées par une production d'énergie renouvelable (pompe à chaleur et panneaux solaires photovoltaïques).

Consommation d'énergie primaire tendant vers zéro

La structure du toit de la serre permet de fournir un grand support garantissant une production d'électricité élevée par le biais de cellules solaires intégrées au verre. Cette production d'énergie in-situ pourra être valorisée dans le calcul PEB afin de garantir une consommation en énergie primaire très faible, voire nulle.

Le dimensionnement de l'offre intègre 180m² de cellules photovoltaïques mais la serre présente une capacité d'installation six fois supérieures. Optimisée, cette installation permettrait de ne plus être consommateur, mais producteur d'énergie (par intermittance).

Coûts de gestion et maintenance

Afin de contrôler les coûts d'exploitation et de minimiser les équipements à entretenir, les choix suivants sont proposés :

- Centralisation des installations de production de chaleur
- Recours à des technologies robustes et présentes sur le marché depuis de nombreuses années
- Systèmes automatisés simples avec dispositifs de correction locale ne demandant pas de compétences particulières (vannes thermostatiques, ...).
- Eclairage du type basse-consommation (LEDs, luminaires à haut rendement; ballasts électroniques à faibles pertes, ...) avec extinction automatique par détection d'absence dans les zones à occupation intermittente (Circulation, ...)

Production de chaleur active

Au delà de la réflexion thermique spatiale permettant de diminuer l'utilisation d'équipement énergivores, le projet propose l'installation d'équipement assurant le confort attendu par la brigade.

L'essentiel des zones chauffées est regroupé dans le bâtiment social, seul l'atelier/magasin demande une production de chaleur dans un

autre volume, mais ne requiert pas les mêmes conditions de chauffage.

Pour des raisons de sécurité, de rationalité économique et de maintenance, il est proposé de travailler avec une production centralisée pour l'ensemble du site. Ceci permet de limiter les espaces techniques à un seul local.

La production de chaleur sera assurée une pompe à chaleur air-eau, permettant d'éviter le recours aux énergies fossiles. En fonction des besoins, une cascade de PAC sera privilégiée afin de garantir le meilleur rendement de fonctionnement. Les régimes de température seront réduits au minimum afin de maximiser le rendement de(s) machine(s) via un système d'émission basse température (chauffage sol ou ventilo-convecteur suivant les espaces). L'installation sera prévue réversible afin de permettre un rafraîchissement des locaux (émission de froid réduite en cas de plancher chauffant-rafraîchissant).

L'installation sera partitionnée en fonction des caractéristiques thermiques et fonctionnelles des différents bâtiments et zones (bureaux, vestiaires, atelier, ...).

La régulation choisie permettra d'adapter strictement les températures et horaires de fonctionnement aux besoins. La régulation de la température de départ se fera en fonction de la température à l'intérieur de la serre. La régulation locale des différentes zones du projet se fera au moyen de thermostat programmable. Elle sera conforme aux exigences de la réglementation PEB-Chauffage.

Emission de chaleur et ECS

Dans la plupart des espaces (bureaux, réfectoire, sechoir...), un système de chauffage par le sol est prévu.

Pour les espaces à usage potentiellement intermittent (atelier, vestiaires, ...), où les émissions doivent être soit faibles, soit réactives, nous suggérons des radiateurs à panneaux ou des ventilo-convecteurs. Les corps de chauffe seront largement dimensionnés (régime de température maximum 40°C pour chauffage sol) de manière à assurer les meilleurs rendements toute l'année.

L'eau chaude sanitaire sera produite de manière centralisée dans le local technique. L'eau chaude sanitaire sera distribuée via une boucle d'eau chaude à isolation renforcée (6 cm) afin de minimiser les pertes énergétiques, maintenue à min. 55°C afin de prévenir la prolifération des bactéries (légionelles). Le positionnement des douches à proximité du local technique permettra de limiter au maximum les pertes. Les équipements seront de classe « A » (Ecodesign). Si un point de puisage est nécessaire dans l'atelier, un boiler électrique sera prévu. De cette manière, on évite une extension coûteuse de la boucle de circulation pour des besoins très faibles.

Gestion de l'eau

Les dispositifs habituels de limitation de la consommation d'eau froide et chaude sanitaire (réducteurs de pression, robinets temporisés, chasses de WC 3/6 l, ...) seront mis en œuvre.

Bassin d'orage et citerne

La toiture de la serre est une formidable opportunité pour la récupération des eaux pluviales. Une citerne aérienne de 75m³ est installée à proximité de la serre, jouant à la fois le rôle de citerne de récupération et de bassin d'orage (évacuation temporisée à mi-hauteur pour utiliser deux volumes distincts).

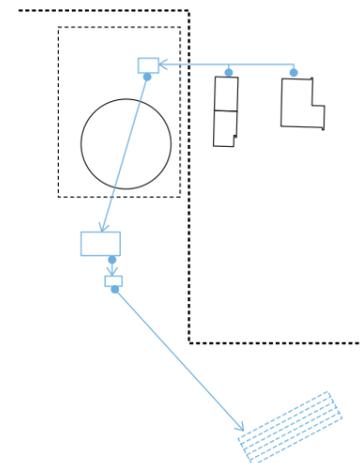
Ce choix permet d'éviter l'installation coûteuse de bassins enterrés mais aussi de mieux conscientiser la ressource et la gestion des eaux pluviales. Les eaux récoltées seront revalorisées pour les WC et l'entretien (arrosage, nettoyage des engins, ...), permettant ainsi une réduction substantielle de la consommation en eau potable.

Système d'assainissement autonome

Le choix pour le traitement des eaux usées porte sur une micro station à filtre compact reliée à un drain d'épandage. La micro station assure environ 95% de l'épuration des eaux usées, alors que le pouvoir épurateur du sol assure les 5% restant. Ainsi, la nappe phréatique située à 22m sous

le niveau du terrain ne sera pas impactée par l'installation.

L'installation comprend la récupération des eaux usées de la maison forestière.



Au besoin, une pompe de relevage (appareil peu énergivore) amènera les eaux à la zone d'épandage.

Le projet paysager est suffisamment souple pour intégrer le drain ailleurs si la localisation proposée s'avère problématique.

Ventilation

Un système de ventilation double-flux à haute performance sera mis en œuvre dans le bâtiment social. Ce système permet de filtrer efficacement (filtre F7) l'air entrant et donc de protéger les occupants de l'impact des particules fines générées par l'autoroute.

Pour limiter la consommation d'énergie, le groupe sera équipé d'un récupérateur de chaleur à haut rendement (> 90% PHI), régulé en fonction de la pression (vitesse variable) et équipé de ventilateurs à haute efficacité énergétique et à régime de fonctionnement optimisé. Un by-pass avec fonction free-cooling mécanique sera prévu afin que le bâtiment puisse emmagasiner la fraîcheur nocturne en période chaude.

Le groupe sera positionné en toiture du bâtiment, permettant de limiter l'emprise des techniques dans l'espace utile. La prise et rejet d'air se fera en partie haute de la serre.

Installation électrique

L'ensemble des installations sera alimenté à partir d'un tableau général basse tension, et d'un tableau par bâtiment/zone.

L'installation comportera en base un réseau complet de petite force motrice (prises de courant, ...), de circuit de commande pour l'éclairage et d'un réseau data / courants faibles.

L'utilisation rationnelle de l'énergie sera encouragée par l'utilisation de détecteurs de mouvement dans les circulations, de détecteurs d'absence et de luminosités, de lampes Leds basse-consommations, etc ... L'installation comportera des chargeurs pour voitures électriques, la quantité sera déterminée en fonction des besoins des utilisateurs.

Sécurité et contrôle d'accès

Une installation de contrôle d'accès et de détection intrusion sera installée. Celle-ci sera accompagnée d'une installation de parlophonie.

Mise en oeuvre objectivée par l'outil TOTEM



Expertise ARIADE avec l'outil Totem

Depuis son développement, l'application Totem fait partie intégrante de notre réflexion. En 2016, notre bureau a été sélectionné par l'OVAM en tant que consultant pour la participation au développement de Totem. Nous avons également été «bêta-testeurs» en faisant une première simulation avec notre propre immeuble de bureaux.

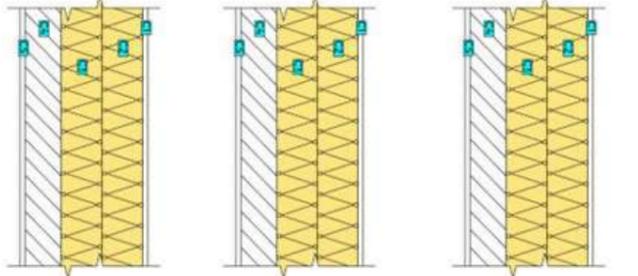
Depuis plusieurs années, le bureau utilise Totem de manière volontaire. Nous sommes familiarisé avec l'outil et nous avons l'habitude d'utiliser ses fonctionnalités pour compléter/confirmer notre approche de conception dans nos projets. De plus, plusieurs formations abordant cette thématique sont régulièrement suivies par les collaborateurs du bureau au sein de l'IBGE. Avec tous ces éléments, le bureau ARIADE est apte à mener des projets de qualité en apportant son expertise environnementale tout au long du développement du projet.

A ce stade du projet, des simulations par type d'éléments ont été réalisées afin de guider les choix de matériaux vers ceux ayant une **influence environnementale la plus basse possible**. Nous avons comparé les trois types d'éléments principaux qui composent le bâtiment social (principal espace chauffé) : les murs, la toiture et la dalle de sol. Pour chaque élément, trois compositions présentant un coefficient thermique identique ($U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$) sont comparées : la première (celle envisagée pour le projet) est la solution innovante, la deuxième utilise une variante de matériaux naturels et la troisième reproduit une construction plus traditionnelle. Ces choix permettront d'atteindre un label bâtiment passif

Murs

Ces premières simulations permettent de démontrer que la paroi 1 a l'impact environnemental le moins important, presque 2 fois moins important qu'une construction traditionnelle (paroi 3). Le point fort de la paroi réside dans l'utilisation de terre présente in situ pour la réalisation des briques et des enduits. Cela permet fortement de réduire la part de transport, de production et de déchets.

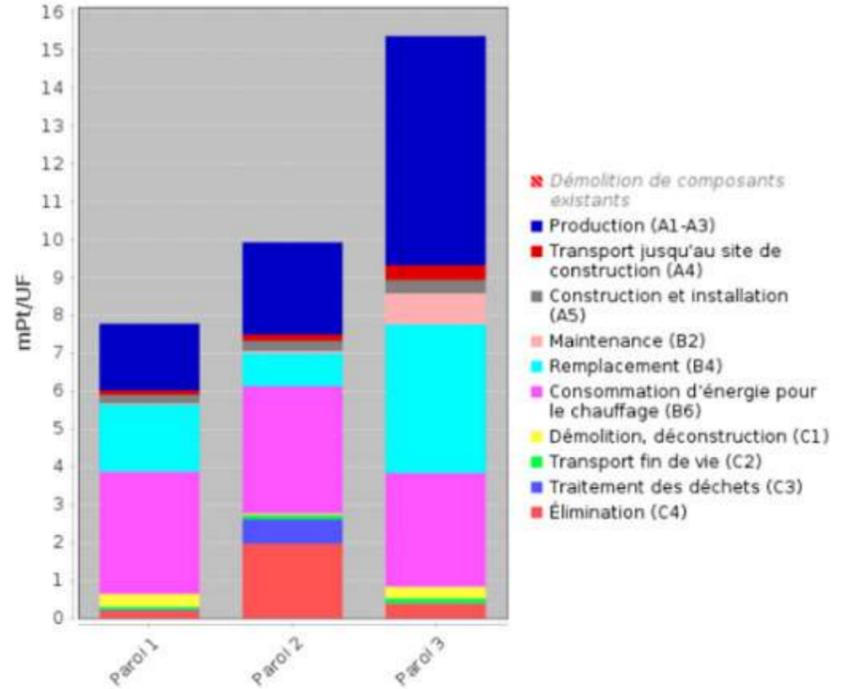
Par rapport à la paroi 2, la paroi 1 présente en réalité un impact encore moindre que celui visible sur le graphe puisque la simulation se heurte aux limites de l'outil. En effet, Totem considère par défaut une pose des briques sur un mortier de chaux or les briques seront assemblées sur un mortier en terre crue, récupérable in situ et sans chaux. Cela représente un gain environnemental non-négligeable.



Paroi 1 : solution innovante
EXT.
1. Enduit de terre
2. Isolant 30cm en panneaux de fibre de paille
3. Briques de terre comprimée 20cm
4. Enduit de terre
INT.

Paroi 2 : variante naturelle
EXT.
1. Enduit de terre
2. Panneau isolant fibre de bois 12 cm sur OSB
3. Ossature bois + isolant laine de bois 23cm
4. Enduit de terre sur OSB
INT.

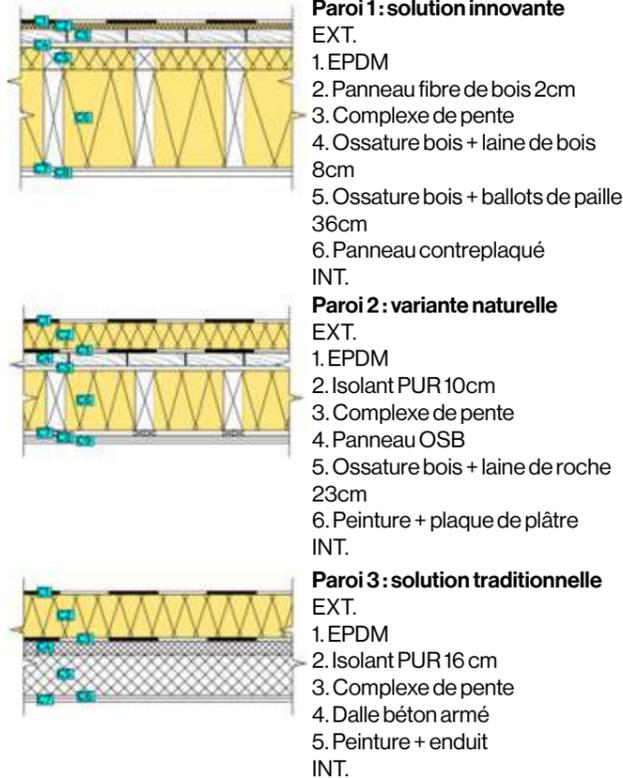
Paroi 3 : solution traditionnelle
EXT.
1. Enduit à la chaux
2. Panneau isolant EPS graphité 26cm
3. Bloc béton 19cm sur mortier de ciment
4. Enduit + peinture
INT.



Toiture

Cette deuxième comparaison entre les compositions de toiture permet de se rendre compte de l'impact de la paroi 1 par rapport à une construction traditionnelle (paroi 3).

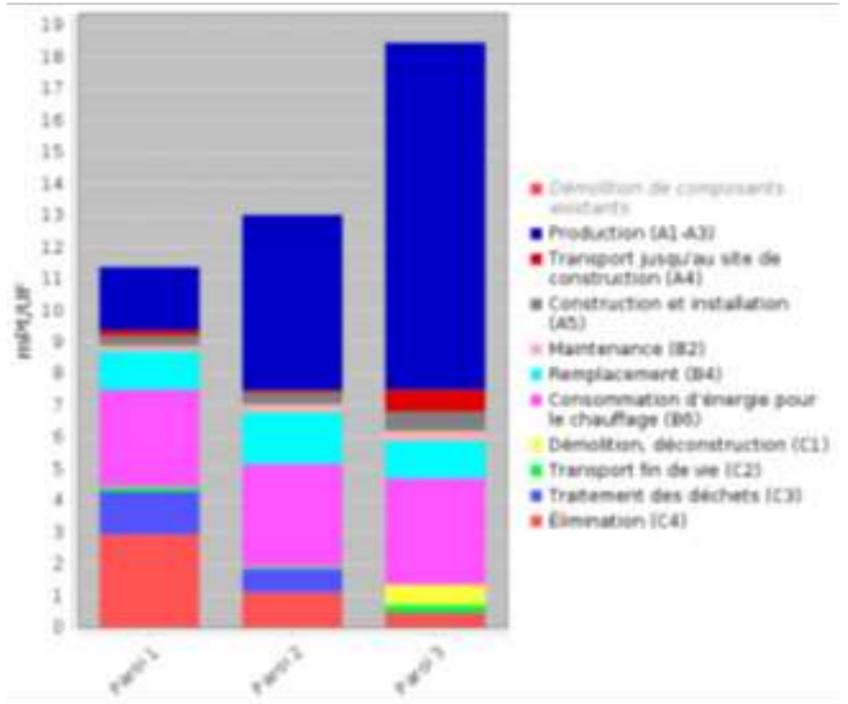
De plus, le choix des matériaux a été guidé par l'équilibre des étapes du cycle de vie. Comme on peut le voir sur le graphique, la paroi 1 permet de réduire fortement l'impact lié à la phase de production des matériaux grâce à l'utilisation des ballots de paille comme isolation principale contrairement aux autres parois. On remarque également que malgré un impact plus important pour la phase d'élimination, lié entre autre aux sections de bois plus importantes nécessaires au placement des ballots, la paroi 1 reste plus efficace que les autres parois sur l'analyse globale de son cycle de vie.



Paroi 1 : solution innovante
EXT.
1. EPDM
2. Panneau fibre de bois 2cm
3. Complexe de pente
4. Ossature bois + laine de bois 8cm
5. Ossature bois + ballots de paille 36cm
6. Panneau contreplaqué
INT.

Paroi 2 : variante naturelle
EXT.
1. EPDM
2. Isolant PUR 10cm
3. Complexe de pente
4. Panneau OSB
5. Ossature bois + laine de roche 23cm
6. Peinture + plaque de plâtre
INT.

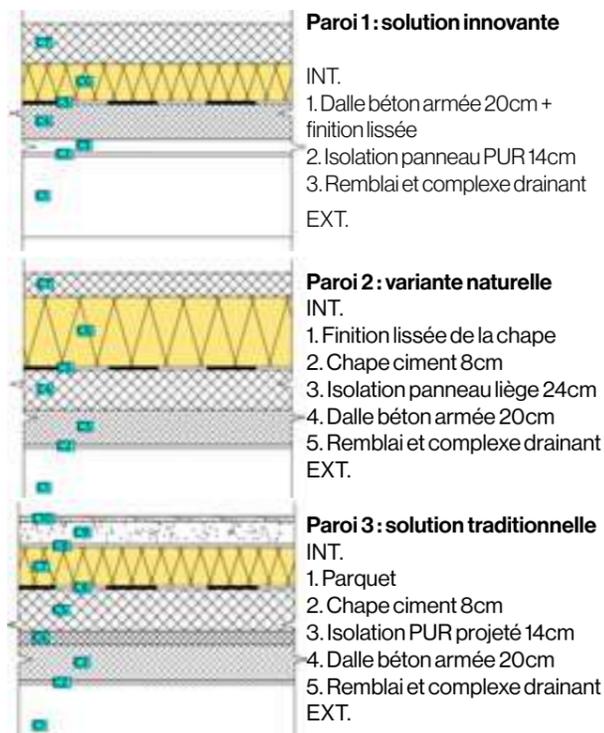
Paroi 3 : solution traditionnelle
EXT.
1. EPDM
2. Isolant PUR 16 cm
3. Complexe de pente
4. Dalle béton armé
5. Peinture + enduit
INT.



Sols

Dans cette troisième comparaison, le choix de s'orienter vers une dalle en béton semble satisfaire les demandes. Dès lors, l'objectif des recherches effectuées autour des parois de dalle de sol a été de sélectionner une solution ayant un impact environnemental le moins important possible. Après plusieurs simulations, notre choix s'est porté sur la paroi 1 qui est celle présentant le meilleur équilibre et l'impact environnemental le plus bas. De plus, pour des raisons de respect du budget, l'isolation utilisée pour la paroi 1 n'a pas pu être un isolant naturel comme pour les autres éléments. En effectuant ces comparaisons, Totem nous a permis de choisir une solution avec un impact environnemental moins élevé qu'une alternative similaire utilisant un matériau naturel (paroi 2). En effet, grâce à une performance thermique meilleure du PUR, l'épaisseur d'isolant est presque deux fois moins importante que celle du panneau de liège (paroi 2). Cela permet d'utiliser et de produire beaucoup moins de matière et de déchet.

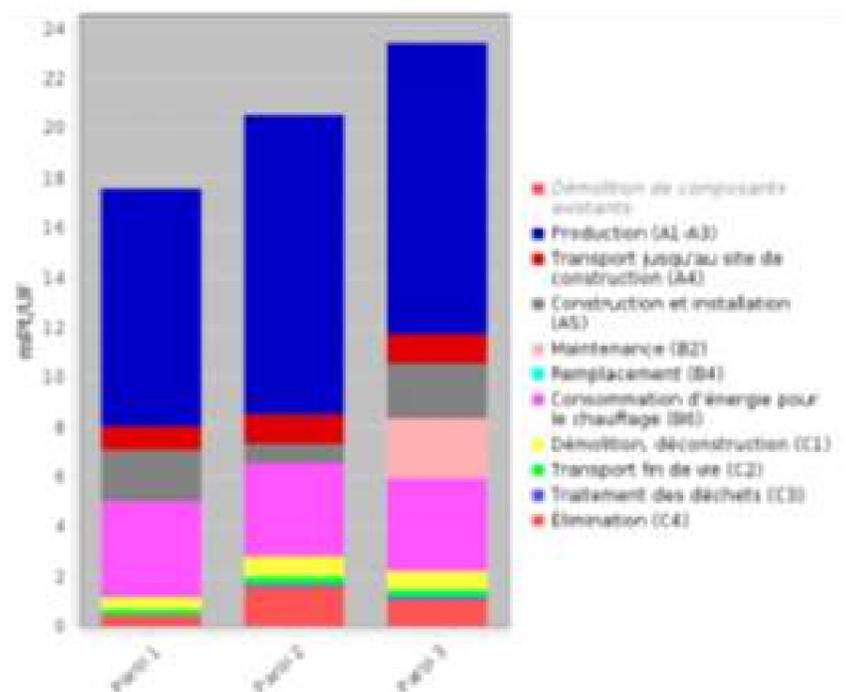
Un autre choix de conception non négligeable est celui de placer l'isolant sous la dalle béton armé et de réaliser la finition lissée avec ce même matériau. Cela permet de réduire considérablement la quantité de matière, d'intervention et donc d'énergie.



Paroi 1 : solution innovante
INT.
1. Dalle béton armée 20cm + finition lissée
2. Isolation panneau PUR 14cm
3. Remblai et complexe drainant
EXT.

Paroi 2 : variante naturelle
INT.
1. Finition lissée de la chape
2. Chape ciment 8cm
3. Isolation panneau liège 24cm
4. Dalle béton armée 20cm
5. Remblai et complexe drainant
EXT.

Paroi 3 : solution traditionnelle
INT.
1. Parquet
2. Chape ciment 8cm
3. Isolation PUR projeté 14cm
4. Dalle béton armée 20cm
5. Remblai et complexe drainant
EXT.



Technique

