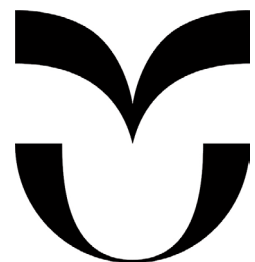


COLLÈGE NIKI DE SAINT PHALLE

CONSTRUCTION D'UN COLLÈGE BOIS PAILLE À ÉNERGIE
POSITIVE SECTEUR ARTEM, 54 000 NANCY

Ludovic Malbet
MU Architecture
Paris / Tours, France



1. Les enjeux du projet

« Ce projet vise l'excellence environnementale. Le collège Niki de Saint Phalle est conçu dans une démarche de construction passive (Passivhaus), avec son ossature bois et son isolation paille. Il est le premier collège à énergie positive de la Région Grand Est et le premier ERP en R+3 réalisé en bois et paille en France ».

1.1. Favoriser l'intégration urbaine et sociale

Un dessin à la fois prismatique et furtif. L'enjeu de cette élégante proposition était l'intégration du collège à son environnement bâti, plus encore au campus qui l'accueille, conçu par l'agence ANMA. Cette silhouette énigmatique interpelle autant qu'elle répond à la figure expressive de la galerie Artem filant le long d'établissements universitaires parmi lesquels compte l'École Nationale Supérieure d'Art et de Design de Nancy.

Le collège Niki de Saint Phalle est né de la réunion de deux établissements scolaires dont certains enfants sont issus de familles défavorisées. L'ambition de la Métropole et du Département, en plaçant ce nouvel équipement au sein d'un campus universitaire, est d'ouvrir l'horizon de ces jeunes adolescents et de favoriser leur développement personnel dans un environnement stimulant. Dans cet esprit d'intégration, les espaces de restauration sont mutualisés avec le Crous et l'université. De même, le 1 % artistique imaginé pour le collège a été pensé par Jocelyn Cottencin, en interaction avec l'École Nationale Supérieure d'Art et de Design de Nancy.

1.2. Une architecture de bois et de paille

Si le bois permet de faire vivre les forêts et de lutter contre l'effet de serre, il est un matériau chaleureux, léger et solide, au fort pouvoir hygrothermique. Le recours au bois et l'utilisation d'isolants biosourcés (paille, fibre de bois et ouate de cellulose) permettent de réduire considérablement l'impact carbone du projet, tout en améliorant l'efficacité énergétique. Par ailleurs, le poids du lot 'gros oeuvre' a été fortement diminué puisque de nombreux éléments ont été préfabriqués et montés en atelier. Dans son appel d'offres, la maîtrise d'ouvrage réclamait la mise en oeuvre de matériaux biosourcés sans que ceux-ci ne soient spécifiés.

En parcourant la Lorraine, MU Architecture a identifié des acteurs dont la production de paille est destinée à la construction. Les machines des producteurs locaux produisent des ballots de 36 centimètres d'épaisseur, une dimension généreuse allant au-delà du nécessaire. Ces proportions ont nécessité de développer une structure en bois parfaitement adaptée. À travers ce projet, les charpentiers ont pu se former à la mise en oeuvre de la paille, laquelle a été associée à de la ouate et à de la fibre de cellulose.

- **La paille** est l'un des matériaux qui respectent le plus l'environnement. Elle est naturelle, renouvelable, biodégradable et disponible localement. Elle est propre sur chantier, saine à vivre, hygrorégulatrice et de bonne résistance mécanique lui assurant une bonne durabilité.
- **Le bois** est un matériau de construction d'avenir. Il permet de faire vivre les forêts et de lutter contre l'effet de serre. C'est un matériau chaleureux, léger et solide, avec un fort pouvoir hygrothermique.

1.3. Un équipement au service de la transition écologique

Des brasseurs d'air et une centrale adiabatique assurent le confort thermique au sein du collège en maintenant, tout au long de l'année, une température constante. L'ensemble a par ailleurs été conçu pour qu'il n'y ait aucun besoin en chauffage et en refroidissement et que les besoins en Energie soit inférieur à 15 kWhEP/m² ("Près de la moitié des bâtiments en France ont été construits avant 1975. Leur consommation moyenne est d'environ 240 kWh énergie primaire /m²/an alors que les exigences actuelles se situent autour de 50 kWh/m²/an" Source Ministère de la transition écologique). Des murs épais ont, en ce sens, été conçus ; ils présentent une épaisseur de 60 centimètres dont, 36 sont remplis de paille. L'ensemble des détails techniques, notamment les jonctions entre la structure et l'enveloppe, a été parfaitement étudié pour obtenir une étanchéité complète à l'air et ainsi répondre au label PassivHaus.

1.4. Anticipation du dérèglement climatique et temporisation des eaux pluviales

La Métropole de Nancy a revu ses prévisions climatiques ; si aucune action mondiale n'est imaginée pour endiguer le réchauffement climatique, elle annonce par anticipation une pluviométrie accrue en Lorraine dans les années à venir. Aussi, de nouvelles contraintes ont été fixées pour ce projet, notamment l'absorption in situ de 100 % des eaux pluviales reçues pour n'en rejeter aucune en dehors de la parcelle. Cette ambition s'est révélée d'autant plus délicate que l'infiltration par les sols est, à cet endroit, particulièrement difficile. Deux stratégies ont été en conséquence imaginées. La première a porté sur la création, sous le terrain sportif et la rue nord, d'un « réservoir » composé uniquement de gros cailloux de calcaire formant des vides (35% environ) et donc un volume de rétention d'eau (172m³). La seconde a proposé la mise en place d'une toiture végétalisée épaisse, laquelle permet de stocker l'eau (35m³) et d'étaler le temps d'infiltration. Si la pluie pénètre ce sol situé en hauteur, l'eau y demeure un certain temps avant d'être naturellement et progressivement évacuée dans la cour, via une noue de récupération paysagère ou via la "chaussée réservoir" décrite ci avant.

1.5. La lisibilité des espaces

Le plan du collège Niki de Saint Phalle a été pensé pour que tout un chacun puisse s'orienter facilement. La compréhension immédiate des espaces et de leur articulation est un principe fondateur du projet. Depuis l'entrée, une large perspective mène vers le préau et la cour. Le grand hall d'entrée est également généreusement ouvert sur les deux niveaux supérieurs. L'escalier qui l'anime met en scène les circulations. Cette lisibilité du plan est soulignée par le traitement de l'ensemble. Les sous-faces en bois du hall se retournent notamment sur les murs à l'intérieur. Cette matérialité participe d'une lecture aisée de l'espace. Les circulations sont en outre dilatées pour offrir plus de confort mais aussi des surfaces libres d'occupation, ouvertes à tout type d'usage.

Image : Plans RdC, R+1, R+2, R+3

"Loin des lieux communs, construire l'espace commun. Ici, la simplicité - dans le choix des matériaux ou la distribution compacte et fonctionnelle du programme ouvre à la liberté : les volumes, flexibles et évolutifs, s'adaptent à la vie intérieure toujours renouvelée d'un collège."

1.6. Mission mobilier et réemploi

L'agence MU a pris le parti audacieux d'associer une stratégie de réemploi à la mission de création du mobilier. Chaises, tables et bureaux des deux anciens établissements scolaires réunis au sein du collège Niki de Saint Phalle ont été récupérés et transformés par une association de réinsertion professionnelle.

2. Les caractéristiques techniques

2.1. Méthodologie

Définition et partage d'une stratégie basée sur les caractéristiques du site et les objectifs du programme :

- Écoute réciproque et travail de synthèse piloté par l'architecte mandataire ayant conduit : À l'optimisation des volumétries, la rationalisation des descentes de charges et des passages de réseaux, l'optimisation du traitement thermiques et du principe d'ouverture, etc.
- Validation des grands principes dès l'esquisse notamment via des études d'ensoleillement, simplification de l'enveloppe thermique par analyse des plans / coupes, validation des principes d'ouverture par études d'éclairage naturel, etc
- Equivalent Passiv Haus (besoin chaud <15 kWh/m².an, consommations totales < 120 kWh/m².an visé).
- Performance de l'enveloppe (avec prise en compte triple vitrage et photovoltaïque):
Bbio projet = 24.10 Bbio max = 70.00

- Consommation en énergie primaire du bâtiment : Cep projet = 21.10 kWh/m²/an, Cepmax = 77,00 kWh/m²/an. Par rapport à la RT2012 (en vigueur à date de permis de construire) Bbio = Bbio max moins 65% / Ceo = Cep max moins 73% BEPOS : E3C2
- Confort d'été maîtrisé à la livraison et à l'horizon 2050 (validation de confort suivant le diagramme de Givoni sur un fichier météo moyen et sur un fichier météo critique 2050 (Nancy Scénario IPCC A1B 2050).
- Projet lauréat de l'appel à projet « Bâtiments exemplaires passifs » de la région Grand Est – Dispositif Climaxion.

2.2. Performances

Le système constructif : poteaux-poutres bois et de planchers bois CLT accueillants une chape sèche.

- Isolation des murs est faite de bottes de paille en remplissage de façade (MOB) + doublage laine de roche intérieur et extérieur (croisement des couches), $U_p = 0,12$ W/m²/K.
- Isolation des planchers hauts inaccessibles : caissons bois avec remplissage ouate de cellulose, $U_p = 0,11$ W/m²/K.
- Menuiseries bois-alu, triple vitrage 74/54, $U_g = 0,50$ W/m²/K, $U_w \leq 0,92$ W/m²/K.
- Protection solaire : Brise-soleil orientable et repliable sur l'ensemble des espaces d'activité (qui permettent la ventilation naturelle de confort en journée tout en offrant une protection très efficace).
- Brasseur d'air plafonnier dans les salles de classe.
- Centrale de traitement d'air double flux avec récupération de chaleur et module adiabatique (pour rafraichissement de l'air neuf hygiénique en période estivale).
- Raccordement au réseau de chaleur ESTIA Blandan Médreville, contenu CO₂ : 91 gCO₂/kWh, taux d'énergie renouvelable 64%.

2.3. Dimensionnement

- Identification de l'inconfort par simulations thermiques dynamiques.
- Définition de la vitesse d'air à cibler pour atteindre les objectifs de confort via le diagramme de Givoni (jusqu'à 1 m/s visé pour limiter l'inconfort à moins de 20 h / an sur un fichier météo critique 2050).
- Validation des vitesses d'air par étude des écoulements fluides (CFD) sur la base des caractéristiques réelles des brasseurs d'air.
- Benchmark brasseur d'air : identification des produits ayant la consommation la plus faible dans la gamme de débits d'air souhaités (les brasseurs qui présentent un meilleur rendement mais pour des débits trop élevés sont par exemple exclus car risques de générer des surconsommations non justifiées).
- Définition de la trame des brasseurs comme le meilleur compromis entre nombre de brasseur d'air et homogénéité du confort local (densité de brasseur : 4 brasseurs par salle courante de 55 m²).
- Etude de la consommation des brasseurs pour valider l'impact projet : identification des périodes d'inconfort nécessitant l'activation du brasseur d'air, identification de la vitesse à laquelle le brasseur devra être utilisé, calcul de la consommation moyenne annuelle des brasseurs et comparaison avec les autres alternatives au traitement de l'inconfort d'été.

2.4. Choix des brasseurs d'air pour le confort d'été

- Nécessité de répondre à l'augmentation des températures tout en évitant la mise en place d'une climatisation active (moins de consommation, absence de machine thermique utilisant des fluides frigorigènes à fort potentiel de réchauffement climatique, maîtrise des opérations de maintenance, etc.).
- Volonté de permettre aux utilisateurs de gérer localement leurs conditions de confort (il est possible d'adapter l'utilisation du brasseur au besoin local, en les activant ou non et en modulant leur vitesse).

3. Interviews

3.1. Interview de Christelle Quinonéro – Gaujard Technologie SCOP, Bureau d'études structure bois et enveloppe en matériaux biosourcés.

Quelle essence de bois a été privilégiée pour le collège Niki de Saint Phalle ?

Les essences de bois utilisées sur tout le bâtiment sont différentes en fonction des ouvrages. Ainsi, celles mises en oeuvre en extérieur ou exposées aux intempéries sont réalisées en Douglas, pour le bardage, et en mélèze, pour les bois lamellé-collé extérieurs. Ces deux essences de résineux sont naturellement durables et ne nécessitent pas de traitement spécifique si elles sont correctement mis en oeuvre (dispositions drainantes évitant toute stagnation d'eau, bonne ventilation, etc.). Les essences utilisées pour les ouvrages situés dans le bâtiment sont par contre du sapin et de l'épicéa. Ces deux résineux sont tout à fait adaptés pour une utilisation en intérieur, sur des ouvrages non soumis à des intempéries et à une humidification.

Quels sont les avantages à associer le bois à la paille ?

Le bois et la paille sont des matériaux qui fonctionnent bien ensemble. Le principe des murs à ossature bois, par la logique de la construction en panneaux préfabriqués intégrant des cavités à remplir entre les montants, se prête particulièrement bien à la mise en oeuvre de la paille. Les deux sont des matériaux biosourcés, issus de ressources renouvelables et faiblement transformées. Aujourd'hui, l'acte de bâtir se doit d'être plus vertueux et frugal pour l'environnement. Le bois et la paille ont cet avantage d'être largement disponibles sur notre territoire, ce qui favorise une logique de circuit court, où l'ensemble des acteurs travaille au plus près du projet.

En quoi ce collège peut-il être considéré comme un bâtiment innovant ?

Le collège Niki de Saint Phalle s'inscrit dans une logique « low-tech » grâce à cet usage de matériaux biosourcés. Il s'agit aussi d'un bâtiment d'envergure, totalement en bois et paille, et innovant dans le sens où il est le premier bâtiment ERP (établissement recevant du public) bois-paille construit en R+3 en France. Cela est le fruit d'un travail de concertation aboutie qui a réuni autour de la table la maîtrise d'ouvrage, les architectes, le bureau de contrôle (Alpes Contrôles, bureau de contrôle reconnu pour son implication pour l'accompagnement à l'innovation), notre bureau d'études ainsi que les pompiers de Meurthe-et-Moselle, à qui le projet a été présenté en amont de la consultation des entreprises.

3.2. Interview de Joseph Geltz, de Univert'foin, fabrication de petites bottes de foin et murs de paille sur mesure, Quelles sont les avantages du matériau paille sur ce genre de chantier ?

C'est un matériau naturel, renouvelable, disponible, extrêmement durable dans le temps, très résistant au feu car il ne brûle pas et à faible coût. Sur un chantier, travailler en filière sèche est souvent plus rapide, plus facile et plus propre. Il faut juste faire attention à ce que la paille ne mouille pas, d'où l'intérêt de la préparer en amont et de la mettre sous caisson en atelier par exemple. Pour les futurs usagers, c'est aussi un très bon isolant acoustique et sain à vivre car il n'émet pas de pollution interne, comme celle issue d'isolants chimiques. Il permet également de réduire considérablement les coûts de chauffage et de climatisation grâce à ses excellentes capacités thermiques, tout en satisfaisant aux meilleurs labels énergétiques. Par rapport au bâtiment précédent, le collège Niki de Saint Phalle devrait ainsi réaliser près de 90 % d'économies en chauffage, mais aussi 50% en électricité !

Comment travaillez-vous ce matériau ?

La paille achetée est sélectionnée pour son origine, la longueur de ses brins, son taux de séchage... et elle est rigoureusement contrôlée. Celle utilisée pour le collège provient par exemple d'un agriculteur à côté de mon exploitation, qui travaille avec une moissonneuse qui sait respecter la paille ! Les fibres sont ensuite démêlées et triées selon de nombreux critères exigeants, puis passées dans une machine à dépoussiérer. Le procédé

de fabrication consiste ensuite à presser très fortement la paille hors stade de fermentation. La presse utilisée pour créer ces bottes a été modifiée par mes soins pour permettre une grande flexibilité de l'outil et l'adapter à tous les besoins de dimensions et de densités, avec des longueurs possibles jusqu'à 240 centimètres.

Quelles ont été les spécificités de ce chantier ?

Au contraire de la majorité des chantiers de cette ampleur sur lesquels j'ai travaillé, j'ai pu échanger ici avec différents intervenants, dont des conseils de mises en oeuvre avec l'entreprise Le Bras Frères, et j'ai également été invité à une porte ouverte. L'objectif c'est de savoir s'adapter à chaque chantier, de proposer une gamme de produits assez étendue, avec différents gabarits pour pouvoir faire du sur mesure. C'est pourquoi avec Univert'Foin je travaille sur des nouveaux produits plus simples à appliquer, pour adapter les bottes de paille aux exigences actuelles des architectes pour l'éco-construction. En cours de brevet, cette paille insufflée pourra ainsi compenser la ouate de cellulose et/ou le bois qui lui sont régulièrement associée mais qui sont des produits plus coûteux. Les clients peuvent me demander du sur mesure, différentes épaisseurs ou largeurs, de réduire le coût de transport... Mon leitmotiv : quand c'est impossible, il faut le faire !

3.3. Interview de Jean-Philippe Dufreigne et Jérémie Vareilles, Agence Milieu Studio, Ingénierie d'éco-conception pour l'architecture

Comment la dimension écologique a-t-elle été prise en compte dans toutes les étapes successives du projet, de la conception jusqu'à sa livraison ?

Nous avons commencé à travailler avec l'architecte dès la phase d'esquisse en identifiant les enjeux, priorisant les actions et étudiant les options. Il y a ainsi eu une phase importante d'allers-retours et d'optimisations dès les premières réflexions et explorations. Nous croyons fortement en une conception réalisée de manière itérative et en amont. Cela a permis de fixer des bases solides à tout point de vue : architecture, usage ainsi que performance environnementale. À chaque étape, nous avons poursuivi ce travail d'optimisation : validation des performances par des études paramétriques, évolution du projet en fonction de ces études et cela jusqu'à traduire ces performances dans le dossier de consultation des entreprises. Ensuite, nous avons accompagné la sélection des entreprises, participé au suivi du chantier jusqu'à la livraison afin de nous assurer que les critères environnementaux issus des ambitions du maître d'ouvrage et de la phase de conception demeurent atteints et validés durant la phase d'exécution.

L'évolutivité d'un bâtiment est-elle un incontournable de l'éco-conception ? Comment cela a-t-il été traité ici ?

L'évolutivité est un élément très important d'une conception raisonnée car elle doit permettre de limiter les interventions futures sur le projet, tout en permettant son évolution dans le temps. Les volumes ont ainsi été simplifiés dans leur forme et leur alignement. La structure bois, outre sa qualité environnementale intrinsèque, permet d'offrir une structure poteau-poutre facilitant l'évolutivité. La façade est tramée, permettant là aussi l'adaptation de l'usage. Un axe structurant de notre stratégie a également été la résilience du projet au changement climatique, qui est une base essentielle à son évolution dans les décennies à venir. Dans cette optique, le collège intègre une réflexion poussée sur la forme des baies vitrées, sur l'efficacité de la protection solaire et sur des solutions complémentaires permettant de s'adapter aux effets du changement climatique, c'est-à-dire la capacité à maintenir le confort en période de canicule (amenée à se produire de manière plus fréquente et plus intense dans les années futures), sans recours à la climatisation active. C'est pourquoi la maîtrise d'oeuvre, ainsi que la maîtrise d'ouvrage, ont validé la mise en oeuvre de ventilateurs plafonniers permettant d'améliorer localement le confort en brassant l'air, ainsi que des centrales d'air adiabatiques pour rafraîchir l'air neuf sans système thermodynamique.

La philosophie du projet met en avant une « sobriété de conception » : pouvez apporter plus de détails sur ce point précis ?

Pour nous, la sobriété est la capacité à traiter les enjeux tout en limitant la consommation de ressources et de matières. Mais c'est surtout une demande incontournable que nous impose le changement climatique. Sachant que nous vivons sur une planète aux ressources finies, nous n'avons pas le choix : nous devons apprendre à construire ou rénover autant voire mieux, avec moins. Cela doit questionner au quotidien nos pratiques dans le secteur du bâtiment, que nous soyons architectes, ingénieurs ou maîtres d'ouvrage. La conception bas carbone a trop tendance à être résumée au choix de matériaux vertueux, alors que le premier des pré-requis est d'économiser de la matière. Cela se traduit avant tout par l'optimisation des formes et des volumes, avec pour objectif ici de simplifier l'enveloppe thermique du bâtiment, de compacter le volume, d'optimiser les descentes de charge structurelles, etc. Ce travail a un impact positif à la fois sur la consommation d'énergie et sur la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Nous avons ensuite eu recours à des solutions simples pour concevoir une enveloppe thermique performante : rationalité des ouvertures traitées et sur allège pleine, continuité de l'isolation et traitement des ponts thermiques, qualité de l'étanchéité à l'air, récupération de chaleur sur les centrales de traitement d'air. Plus l'enveloppe est performante, moins nous dépendons des systèmes techniques pour assurer le confort des occupants et la performance énergétique du bâtiment. Et cela permet de minimiser la taille des équipements et donc d'économiser des matériaux, donc des émissions carbone, mais aussi de réduire le coût. Cela donne un aperçu du cercle vertueux de sobriété de conception que nous aspirons à mettre en pratique. L'utilisation de matériaux faiblement carbonés, comme l'isolation paille, traduit également une logique de sobriété : c'est un matériau produit localement de façon abondante - la paille du collège provient de Moselle -, faiblement transformé, puits de carbone et proposant un bon niveau d'isolation thermique.

En quoi ce collège peut-il être un modèle d'éco-conception reproductible ?

Le projet est reproductible dans le sens où toute l'approche bioclimatique développée peut être reproduite sur d'autres projets et d'autres sites, sans réelle contrainte (sobriété, approche passive, adaptation au changement climatique, etc.). Les utilisations de la paille et de ventilateurs plafonniers sont également des solutions pouvant être reproduites à grande échelle, dans une économie de projet maîtrisée. Elles représentent des opportunités de décarbonation massive du secteur du bâtiment pour répondre efficacement à l'urgence climatique. La question de la construction bois, est elle aussi reproductible, mais plus fortement liée au contexte économique, compte tenu du surcoût qu'il peut encore exister entre le bois et d'autres matériaux de structure.

- Maître d'ouvrage :
 - **Département de Meurthe-et-Moselle**

- Études :
 - Maître d'oeuvre : **MU Architecture - Ludovic Malbet**
 - Cheffe de projet : **Laura Houssin**
 - Cheffe de chantier : **Frédéric Gay**
 - Paysagiste : **Atelier Moabi**
 - Structure bois : **SCOP Gaujard Technologie**
 - Structure : **Anatech**
 - Éco-conception : **Milieu Studio**
 - Fluides : **Louis Choulet**
 - Économie : **VPEAS**
 - VRD : **3IA**
 - SSI : **BSSI**

- Caractéristiques :
 - Effectif de 400 à 480 élèves pour 16 classes.

- Particularité :
 - Collège urbain sur un parcellaire étroit 4890 m² (95 m x 51 m).

- Chantier lots bois :
 - Structure, charpente vêtue : **LE BRAS Frères**
 - Fournisseur paille : **Joseph GELTZ Univer't'foin** (dpt 54)

- Crédit photos : collègue Artem
 - 11h45

Images: Cf présentation PDF «DOSSIER DE PRESSE NANCY»
OU via le lien <https://mu-architecture.fr/wp-content/uploads/2020/10/DOSSIER-DE-PRESSE-WEB.pdf>