HAL
open science

Ambiances et performances énergétiques dans les écoles primaires : quelles contradictions et corrélation ?

Andrea Margadji

To cite this version:

Andrea Margadji. Ambiances et performances énergétiques dans les écoles primaires : quelles contradictions et corrélation ?. Architecture, aménagement de l'espace. 2019. dumas-02491920

HAL Id: dumas-02491920

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02491920v1

Submitted on 26 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - NoDerivatives 4.0 International License

AMBIANCES ET PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DANS LES ÉCOLES PRIMAIRES : QUELLES CONTRADICTIONS ET CORRÉLATIONS

MÉMOIRE MASTER **2018 - 2019**

Andrea Margadji

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Encadrants : Ignacio Requena-Ruiz, Pascal Joanne

ENSA Nantes

« Dans le grenier de nos mémoires, l'école occupe une pièce à part. Elle communique directement avec notre enfance, s'éclaire d'une lumière poudreuse et chatoyante, d'un rayon de liberté volé aux contraintes qu'elle fit peser sur les heures interminables qui nous séparaient de la vie, alors inconnue, qui allait être la nôtre. » Jean-Paul Robert, (Châtelet & Le Coeur, 2004), p. 260

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Sommaire

1. Introduction 06
1.1. Préambule 06
1.2. Les ambiances des écoles dans l'histoire 07
1.3. Situation Actuelle 20
1.4. Problématique et Hypothèses 24
1.5. Terrain d'étude 26
1.6. Méthodes de recherche 31
1.7 Plan 34
2. Récit du processus des projets 36
2.1. La Cité Éducative Nelson Mandela 36
2.2. École Maternelle « La Ruche » 44
2.3. Maison de l'enfance 50
2.4. Hjertet I Ikast 56
2.5. Synthèse 64
3. Étude comparative des salles de classe par des indicateurs 66
3.1. Usage 74
3.2. Lumière 82
3.3. Ventilation 86
3.4. Thermique 89
4. L'expérience de l'ambiance scolaire depuis l'intérieur 92
4.1 Entretiens auprès des institutrices 92
4.2 Synthèse 100
5. Discussion 102
5.1 Le projet imaginé et l'espace construit 102
5.2 L'espace construit et la réalité des classes 104
6. Conclusion 106
7. Bibliographie 108
8. Illustrations 110
9. Annexes 112
9.1 Entretiens 112
9.2 Documents techniques 142

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes 2018-2019

***UEM 2** : Mémoire master*

***Séminaire :** « Ambiances : références, dispositifs, effets »*

***Étudiante** : Andrea Margadji*

***Équipe enseignante** : Ignacio Requena-Ruiz, Pascal Joanne*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Avant tout, je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidé pendant l'élaboration de ce mémoire.

Premièrement, un grand merci à Ignacio Requena-Ruiz et Pascal Joanne pour leur suivi régulier et pour leurs conseils pendant tout le semestre.

Je remercie les participants des entretiens ; Delphine Coriou, Moïse Boucherie, Thibaut Dury, Julian Weyer , Agathe Robert, Julia Regereau et Benedicte Dolo pour leur apports et leur temps.

Pour finir, un grand merci à mes parents pour leur soutien continu , à mes frères pour leur bonne humeur, à Marina, Sarah, Orestis et Juan pour leur soutien moral et Stelios pour son aide avec la mise en page et sa motivation.

1. Introduction

1.1. Préambule

Ce mémoire étudie l'influence des réglementations relatives aux exigences énergétiques sur l'ambiance des établissements scolaires. Les écoles jouent en effet un rôle important dans la vie de chaque enfant et sont les lieux où l'on forme nos premières relations personnelles. Pendant un stage au Danemark, j'ai pu travailler sur quelques écoles primaires. Les exigences énergétiques sont très présentes au Danemark, où le climat scandinave nécessite un traitement spécifique et cela m'a également posé des questions. L'architecture scolaire m'a vraiment fascinée et je voulais étudier la question de l'influence des exigences énergétiques sur les ambiances pour mieux comprendre comment une école primaire est pensée, dessinée et construite.

Le but de ce mémoire n'est pas de réaliser un inventaire exhaustif de toutes les réglementations techniques relatives à la durabilité du bâtiment. Ce mémoire étudiera le processus de conception d'un bâtiment scolaire à travers les réglementations relatives aux exigences énergétiques. L'objectif est d'étudier si les exigences energetiques dominent le processus de conception des établissements scolaires, et par conséquent les ambiances générées dans ces bâtiments.

Nous allons découvrir à travers ce mémoire les contradictions et les corrélations qui peuvent exister entre la nécessité d'améliorer la performance énergétique du bâtiment et la conception des ambiances par l'architecte. Il est important de répondre à cette question parce que depuis l'arrivée du XXIe siècle, il y a une forte préoccupation sur la transition écologique et sur l'efficacité énergétique des bâtiments. Ainsi, il est essentiel de répondre à ces questions puisque les exigences deviennent de plus en plus élevées et on peut imaginer qu'elles deviendront encore plus strictes au fil du temps. Il est également important de répondre à cette problématique puisque nous pouvons imaginer que l'ambiance de la classe peut impacter les enfants, leur comportement et leur performance.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1.2 Les ambiances des écoles dans l'histoire

1.2.1. L'hygiénisme du XIXe siècle

L'éducation en France a été remise en question pendant la Révolution (1789). Le décret du 19 février 1790 ; l'Assemblée Constituante, a supprimé le pouvoir de l'église sur l'école et l'a transféré aux autorités administratives (Dessauw, 2000). L'éducation est devenue donc un service public de l'État. L'instruction élémentaire est devenue obligatoire par Louis Joseph Charlier. En 1833, la loi Guizot, a réorganisé l'enseignement primaire et a défini sa portée. Néanmoins, à cause de manque des moyens, la réforme de l'éducation a dû attendre.

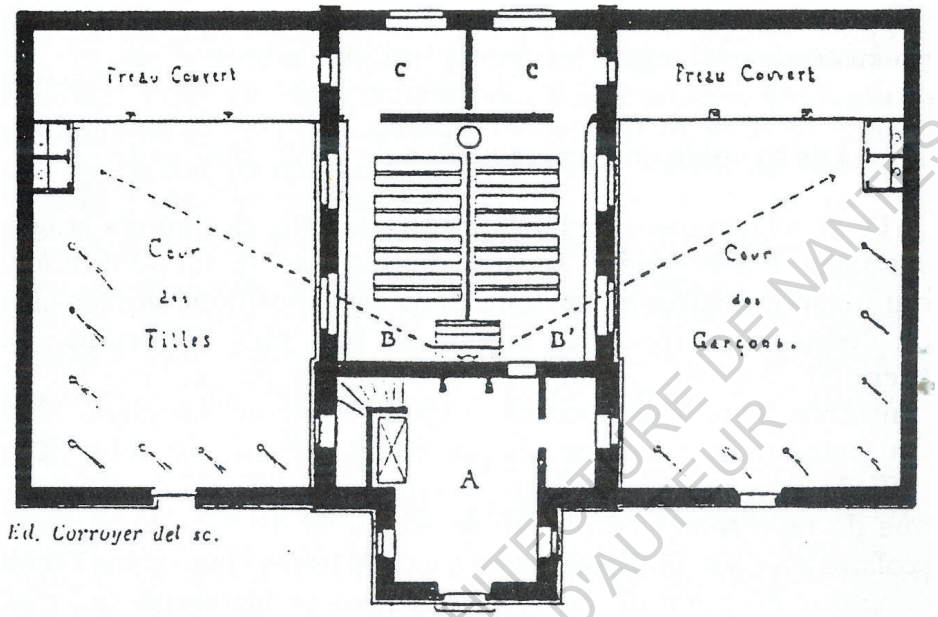
Cependant, pendant cette attente, des textes règlementaires ont été écrits pour pouvoir contrôler la réalisation des bâtiments dans le but de « donner aux modèles d'école un caractère réaliste et contextuel » (Châtelet, 1999, p. 51). En 1858, un arrêté a imposé le contrôle des bâtiments scolaires. Le Ministère de l'Instruction Publique et des Cultes, Gustave Rouland (1856-1863), écrit dans le circulaire ;

« Depuis 1833 l'État a constamment aidé les communes qui s'imposaient des sacrifices pour acquérir ou construire des maisons d'école. (...) Cependant, je suis informé que, malgré vos recommandations et la surveillance exercée par les inspecteurs primaires, beaucoup de projets d'école n'ont pas été exécutés selon les plans approuvés, et laissent par conséquent à désirer sur des points essentiels. Il m'a paru nécessaire de préserver l'avenir contre les fâcheux effets de ces transformations commandées (...). Dans ce but, j'ai pris un arrêté à la date du 14 juillet, aux termes duquel le payement des secours promis par l'État serait refusé à toute commune qui n'aurait pas ponctuellement suivi, dans ses travaux, les plans adoptés. » (Rouland, 1858, p. 187)

En 1860, des instituteurs ont été enquêtés par le Ministère sur l'architecture de leurs écoles. En effet, il a été constaté que les architectes négligeaient les nécessités spécifiques liés aux dispositions intérieurs des bâtiments scolaires, tels que les besoins de surface des salles de classe, et la disposition des fenêtres pour permettre un bon éclairement et une ventilation naturelle. Ils sacrifiaient complètement la fonctionnalité du bâtiment et les écoles avaient également des problèmes constructifs. Au lieu de cela, ils se concentraient sur la monumentalité des façades des écoles. Charles Robert dans son ouvrage « Construction et Installation des écoles primaires », 1873, les a jugés incapables de même qu'il a accusé les entrepreneurs d'ineptie et de malhonnêteté.

Pendant cette période, on sent une forte volonté de réglementer l'école afin d'améliorer son architecture, sa construction et sa fonctionnalité. Par exemple, la question de la situation et du voisinage des écoles a été reprise plusieurs fois. Les lieux nuisibles ont été « condamnés pour leur influence nuisible tant sur la moralité que sur la santé des enfants » (Châtelet, 1999, p. 53). De plus dans le circulaire du 30 juillet 1858, on constate l'envie d'offrir un espace extérieur aux enfants, avec des préaux et des cours qui sont dimensionnés par rapport à la surface de la classe. Dans cet arrêté, des indices plus particulaires à la salle de classe étaient donnés (Châtelet, 1999). Spécifiquement, les dimensions de la salle de classe étaient régulées par le nombre d'enfants. Il était donné que pour chaque enfant, on devait compter 1m² et 4m³. Concernant les fenêtres, elles devaient être dessinées de façon qu'elles permettaient un bon éclairement et une ventilation naturelle.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



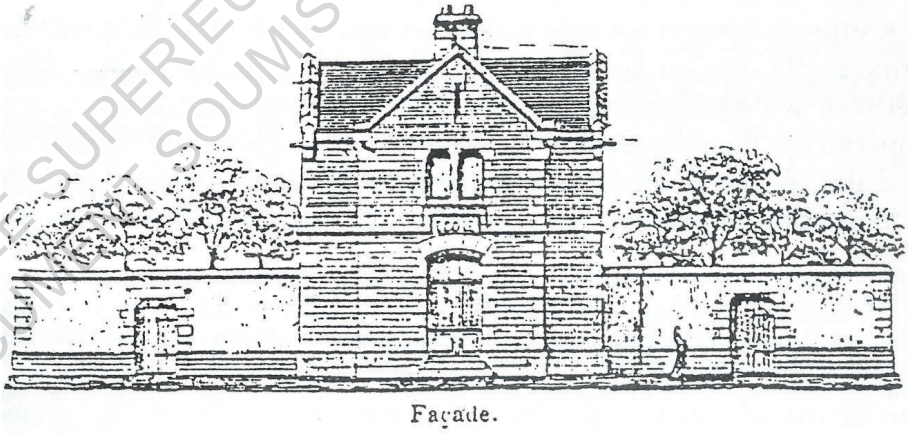


Figure 01

École modèle de Leculée, 1862

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

« La salle de classe sera construite sur cave, planchéiée, bien éclairée, accessible aux rayons du soleil, et telle surtout que la disposition des fenêtres garnies chacune d'un vasistas, permette de renouveler l'air facilement. » (Rouland, 1858, p. 188)

En 1862, le ministère Rouland, a annoncé un concours de plans modèles des écoles où l'architecte Leculée a proposé un plan assez modeste (Figure 01) , avec des classes qui accueillaient une quarantaine d'enfants (Toulier, 1982, p. 9). Le concours ministériel, incluait également des exigences relatives à l'amélioration des conditions de l'environnement intérieur de la salle de classe ; par exemple les poutres devaient être apparentes pour éviter la réflexion du son. De plus, à l'occasion de l'Exposition Universelle de Paris en 1867, un texte était publié qui a défini des règles de stabilité et d'hygiène.

En 1865, un programme pour la construction des écoles a été publié, où différentes caractéristiques de la classe étaient précisées comme son éclairage, ses rapports, et sa situation dans l'école (Châtelet, 1999). Elles devaient être éclairées de manière bilatéral, placées l'une à côté de l'autre, reliées avec une porte, et elles devaient être situées soit sur un rez-de-chaussée surélevé, soit sur l'étage. Dans ce programme une hauteur d'allège de 1,50 m est prédéfinie pour les fenêtres.

Le développement du secteur scolaire a été lent malgré les efforts de l'État, à cause des problèmes économiques et organisationnels. En comparant la classe exemplaire présentée à l'Exposition Universelle de Vienne en 1873 (Figure 02), avec les bâtiments construits en France, il est évident que l'architecture éducative française n'était pas assez aboutie à cette période (Châtelet, 1999). Non seulement la France n'a pas pu répondre à l'appel de fourniture des statistiques pédagogiques demandé pour l'Exposition Universelle, mais il est également évident que des soucis architecturaux comme l'éclairement et l'aménagement des locaux n'étaient pas développés.

Néanmoins, il a eu quelques personnages, qui ont indéniablement encouragé le développement de l'architecture scolaire. Il est important de mentionner Jules Ferry qui, en 1879, quand il est nommé ministre de l'instruction Publique et des Beaux-Arts, a publié un arrêté qui a institué la « Commission des bâtiments et du matériel scolaire ». Cette commission a écrit le règlement du 1880 qui « détaille avec minutie les dispositions auxquelles doivent répondre les écoles » (Châtelet, 1999, p. 80)

Un autre personnage important est Félix Narjoux qui a fait des recherches sur la construction des bâtiments scolaires et leurs caractéristiques architecturales. Il est important de préciser que Narjoux faisait partie de la « Commission des bâtiments et du matériel scolaire »

et ses recherches ont ainsi beaucoup influencé la structure du règlement du 1880. En particulier, en 1872, il a publié l'ouvrage « Construction et l'installation des écoles primaires ». Comme l'explique Anne Marie Châtelet, ce texte, grâce à sa précision, a été essentiel et il a constitué l'esquisse du règlement de 1880. Plus précisément, le règlement, sous l'influence du mémoire de Narjoux, a été « organisé selon thèmes et illustré des figures » (Châtelet, 1999, p. 82). Dans la continuité de cette recherche, Narjoux a publié en 1877 l'ouvrage « Les écoles publiques en France et en Angleterre : construction et installation ». Narjoux a notamment travaillé sur des questions de l'emplacement et l'orientation de l'école, de la cour et du jardin:

« Elle (l'école) doit avoir du jour et de l'air en abondance, ne pas être cachée au milieu de constructions qui l'étouffent et la dominent, être orientée de façon à laisser ses bâtiments jouir successivement du soleil, suivant les différentes heures du jour, et à les abriter du côté d'où tombent les pluies les plus fréquentes. (...) Les cours doivent offrir la plus grande surface possible, au moins 2 mètres superficiels par enfant, soit le double de la surface de toutes les' classes réunies ; » (Narjoux, 1877, p. 79)

Narjoux a également posé la question de la végétation dans les cours. Il a parlé de la question de l'humidité qu'elle peut causer, mais également de l'ombre qu'elle peut offrir.

« La question de savoir si la cour de récréation (préau découvert) d'une école doit rester nue ou être plantée d'arbres a souvent été débattue; c'est là une question de climat. Dans le Midi, en Provence par exemple, les arbres sont non-seulement utiles, mais indispensables; dans le Nord, au contraire, ils peuvent être une cause d'humidité et, par suite, devenir nuisibles » (Narjoux, 1877, p. 82)

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

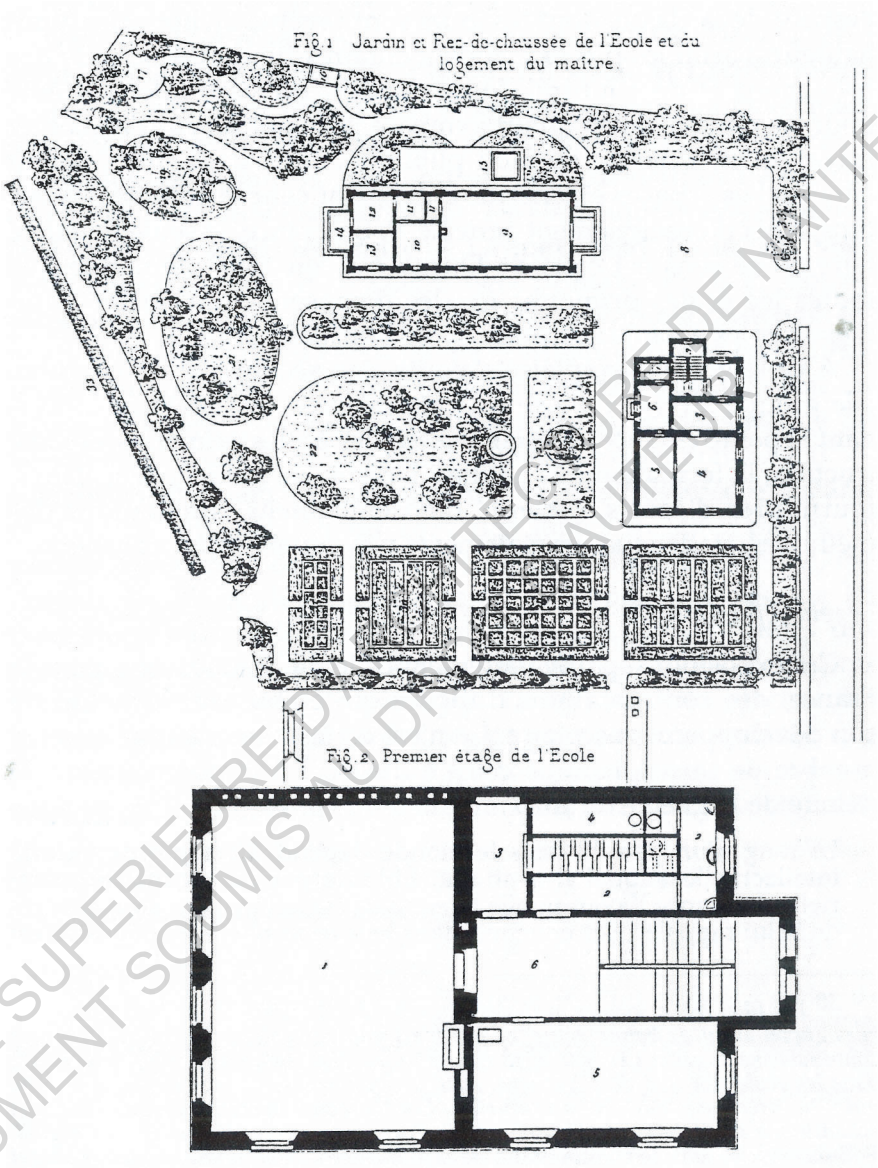


Figure 02

Exposition Universelle de 1873, "Plan d'une é²cole rurale autrichienne"

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Le troisième chapitre de cet ouvrage se concentre sur les services intérieurs des écoles. Dans la partie consacrée à la salle de classe, il a précisé que chaque classe doit contenir 0.8 - 1 m² par enfant. En outre, il a expliqué que la forme et la superficie de la salle de classe doivent suivre sa capacité d'être percée par des portes et des fenêtres.

« On comprend, en effet, que, suivant la position donnée à une porte, à une fenêtre ou à une cheminée, une pièce de dimension restreinte peut être plus facilement utilisable que telle autre plus vaste » (Narjoux, 1877, p. 121)

Concernant les fenêtres de la salle de classe, Narjoux a parlé de leur rapport avec la salubrité et l'hygiène de la pièce. Il a également parlé de l'influence des fenêtres sur la santé des enfants. Il a précisé des types de fenêtres, le plus efficaces pour les établissements scolaires.

« Les dispositions données aux fenêtres des classes ne sont pas sans influence sur la salubrité de la salle et la santé des élèves. C'est, en définitive, par les fenêtres que se fait non-seulement l'éclairage des salles, mais encore l'aération la plus constante, la plus efficace et la plus effective. (...) Les fenêtres des écoles sont souvent les simples fenêtres ordinaires en usage dans les maisons d'habitation, s'ouvrant toutes grandes, laissant directement arriver à la fois une énorme masse d'air sur la tête des enfants, quand elles sont ouvertes, et les privant de tout renouvellement d'air extérieur quand elles sont fermées. On a essayé d'un système à bascule (Figure 03) qui constituait une amélioration dans laquelle l'air extérieur, dirigé en haut, ne gênait pas les enfants à son entrée dans la salle et balayait les miasmes de l'atmosphère; mais il exigeait des fenêtres de petites dimensions et par suite ne rendait pas les services qu'on était en droit d'attendre; de plus la manœuvre était difficile, l'appareil, sujet à des dérangements, rendait les réparations fréquentes. On a aussi essayé de châssis mobiles autour d'un axe placé à leur milieu, la partie inférieure s'élevant quand la partie supérieure s'abaissait, combinaison qui évidemment ne remédiait à aucun des inconvénients signalés. Le système actuellement le plus en usage consiste à rendre fixe la partie inférieure de la fenêtre jusqu'à l'imposte placée aux deux tiers de la hauteur environ, et à laisser mobile la partie supérieure, ouverte soit par des battants, soit par des vasistas ; ce système consiste donc tout simplement à placer une petite fenêtre dans une grande et ne présente aucun avantage sérieux sur tout ce qui a été fait jusqu'à ce jour » (Narjoux, 1877, p. 144)

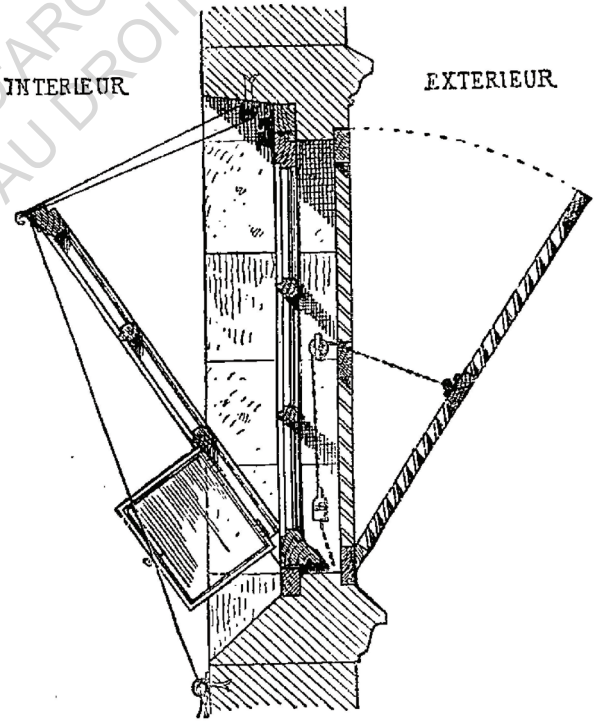


Figure 03 Système à bascule

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

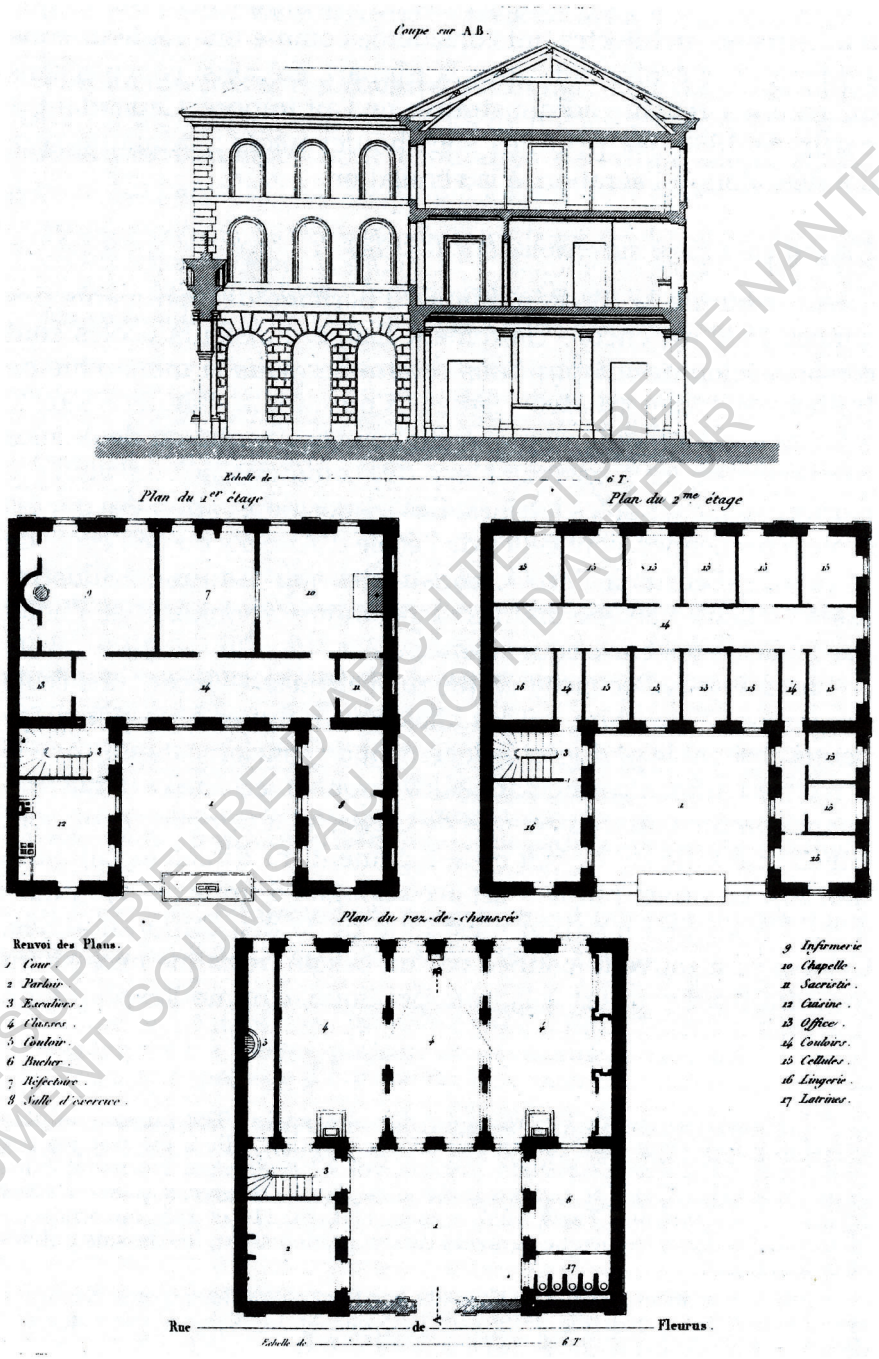


Figure 04

École chretienne, Paris, rue de Fleurus, 1825

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Le règlement du 1880 a été écrit par la commission nommée par Jules Ferry. Cette commission a regroupé les acteurs principaux de l'architecture scolaire ; des architectes, des ingénieurs et des responsables de l'enseignement primaire.

"Cette commission a une triple mission: élaborer une instruction sur "les conditions que doit remplir une installation scolaire", et il est précisé "emplacement, construction, ventilation, chauffage, aménagement, mobilier" ; constituer une collection de plans modèles d'écoles et de mobilier ; examiner les améliorations pouvant être apportées aux projets soumis par les communes "(Châtelet, 1999, p. 81)

On y retrouve alors, une préoccupation d'amélioration de l'architecture scolaire et des questions liées à l'environnement intérieur des écoles. Ce règlement, a également défini des surfaces extérieures dimensionnées très précisément ; soit 10 m² par élève, un jardin de 300m² minimum pour les écoles rurales, et des préaux couverts de 2m² par élève. D'ailleurs, cette réglementation, ne définit pas la forme architecturale, mais se concentre plutôt sur le fonctionnement des écoles.
Le règlement du 1880, a été fortement orienté vers la conception des salles de classes dans les bâtiments scolaires. Des quatre chapitres de ce règlement, le troisième ; celui concentré sur la classe a été le principal. Des règles générales étaient définies ; telles que la forme rectangulaire de la classe et ses dimensions en fonction du nombre des enfants. Pour chaque enfant, 1,25 m² à 1,50 m² et 6,25 m³ à 7,50 m³ - soit une hauteur de 5m - ont étés attribués. On peut constater une augmentation des surfaces dédiées aux enfants par rapport à l'arrêté du 1858. Ainsi, le nombre d'élèves par classe a été limité à 50. En outre, ce texte règlementaire propose des paramètres afin d'améliorer l'environnement intérieure dans la classe. Notamment, il conseille de l'éclairage unilatéral comme mode d'éclairement des salles, et il propose des fenêtres aux faces opposées pour favoriser la ventilation naturelle et l'éclairement naturelle. Ce texte a aussi défini la hauteur et les dimensions des fenêtres.

"La hauteur des fenêtres, dont il est dit que le linteau atteindra le plafond, doit être au moins égale, en cas d'éclairage unilatéral, aux deux tiers de la largeur de la classe, augmentée de l'épaisseur des murs. Quant à leur appui, il sera élevé à 1,20m du sol. "(Châtelet, 1999, p. 83)

Dans l'ouvrage "La naissance de l'architecture scolaire", Anne Marie nous révèle l'histoire de la hauteur de l'appui des fenêtres. En 1685, L'"Instruction méthodique pour l'école paroissiale", a conseillé des appuis de deux mètres du sol, et n'encourageait pas les fenêtres avec un appui bas. M. F. Buisson, dans son article « Salle de classe », a expliqué que les appuis hauts évitaient la distraction des élèves. Dans la continuation de cette pensée, Jean-Baptiste de La Salle, soutient également les allèges hautes pour éliminer les regardes des passants à l'intérieure de l'école. F. Narjoux s'est opposé à ces propositions :

"Les enfants, dont l'attention était troublée par un bruit extérieur insolite, bruit dont ils ne connaissaient et ne pouvaient s'expliquer les causes, mettaient un long temps à retrouver le calme nécessaire à leur travail, tandis qu'au contraire les enfants laissés à même de rapidement satisfaire leur curiosité se remettaient au travail facilement et sans trouble." (Narjoux, 1879, p. 107) cité par (Châtelet, 1999, p. 86)

Entre la période 1830 et 1914, les architectes et les règlementations n'étaient pas d'accord sur l'emplacement optimal des salles de classe. Quelques architectes, préféraient placer une avant cour à côté de la rue. Cet avant cour distribuait les salles de classes mais devenait également un espace tampon pour éviter les bruits indésirables. Notamment, en 1830, dans l'école chrétienne construite par Martin-Pierre Gauthier, à Paris, on retrouve cette question du calme nécessaire pour la concentration des enfants (Châtelet, 1999, p. 213). Il a proposé un plan où les salles de classes ne sont pas placées à côté de la rue pour éviter les nuisances qu'elle produit (Figure 04).
D'autre part, quelques architectes ont proposé la suppression de l'avant cour pour des raisons de salubrité ; si l'avant cour est supprimé, la cour de récréation devient plus grand et par conséquent plus aérée. Cette proposition, a suggéré des salles de classes posées sur l'alignement de la rue. Un tel exemple est l'École mixte

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

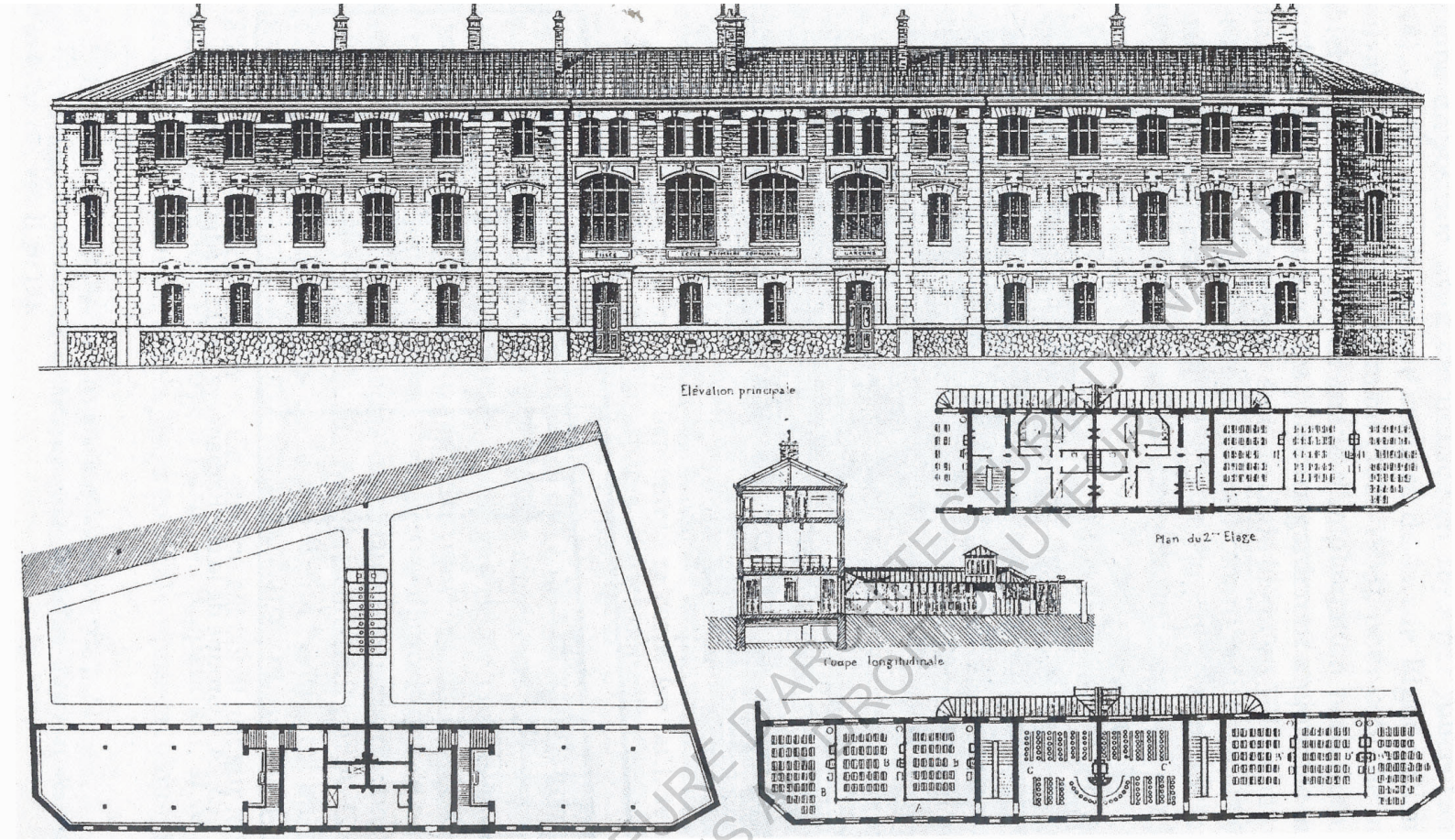


Figure 05 École Rue de la Butte-Chaumont par M. Soudée

construite en 1876 par Antoine Soudée à Paris où les salles de classe se trouvaient le long de la rue et qui dégageaient le reste de la parcelle pour la cour de récréation (Figure 05). Cette disposition, où les salles de classe sont alignées avec la rue, est plus préférable pour des raisons de salubrité jusqu'au 1914. On constate alors, depuis le XIXe siècle, des sacrifices concernant l'acoustique à l'intérieure de la classe pour des raisons de l'hygiène.

Le règlement du 1880 a également imposé une superficie minimale de 500 m² de site d'implantation et il a suggéré un ratio de 10 m² par élève.

Une question principale de l'hygiénisme du XIXe siècle, est celle de l'orientation et d'emplacement du bâtiment. Les textes réglementaires, bien conscients du fait que chaque parcelle et chaque programme sont différents, ne spécifient pas l'orientation du bâtiment scolaire :

La disposition des bâtiments sera déterminée suivant le climat de la région, en tenant compte des conditions hygiéniques, de l'exposition, de la configuration et des dimensions de l'emplacement, des ouvertures libres sur le ciel et surtout de la distance des constructions voisines. (Châtelet, 1999, p. 212)

La seule règle qui a donné des indices d'emplacement et d'orientation, dit que la ventilation naturelle devait être favorisée. Vers la fin du XIXe siècle, la salubrité et l'hygiène étaient la priorité de l'état et des architectes. Par conséquent, la plupart des bâtiments scolaires – 87% des écoles construites (Châtelet, 1999) - suivaient l'alignement de la rue. Ceci a été fait pour donner plus d'espace à la cour intérieure pour favoriser son aération. L'aération et l'éclairement étaient ainsi très considérables en ce qui concerne l'hygiénisme du XIXe siècle. Il y a une compréhension qu'il faut

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE DOCUMENT SOUMIS A DROIT D'AUTEUR

créer des environnements sains pour les élèves ;

« (L'hygiène) doit sauvegarder la santé des enfants pris dans la période la plus critique de leur développement. » (Châtelet, 1999, p. 223)

`En 1910, « Les instructions relatives à la construction des bâtiments scolaires » remettent en question les préoccupations relatives à l'emplacement et la ventilation des bâtiments scolaires. Ainsi, ils ont proposé :

« D'éviter une trop grande agglomération des constructions, à assurer l'arrivée et le renouvellement de l'air dans les cours, à répandre la lumière sur les faces du bâtiment et à éloigner les classes des rues étroites, fréquentées et bruyantes » (Châtelet, 1999, p. 232)

1.2.2. La construction des écoles avant la première Guerre Mondiale

Pendant le XXème siècle, des cas excessifs de tuberculose sont apparus en Europe. Cette maladie a été l'occasion d'effectuer des longues expérimentations et réformes. Après que le docteur Joseph Grancher a examiné 4226 enfants à Paris en 1903, on a découvert que 15% d'entre eux étaient touchés par la maladie. Il a donc suggéré l'ouverture des écoles en plein air en France, pour permettre aux enfants d'étudier sous le soleil, dans l'air frais (Figure 06). Les écoles en plein air sont devenues assez populaires parce qu'elles visaient à créer un environnement sain pour les enfants sensibles. Elles étaient à l'origine destinées aux enfants malades et faibles mais elles ont par la suite ouvert leurs portes à « l'ensemble de la population enfantine » sous la volonté du gouvernement de « sauver la race » (Châtelet, 2003). Par des dispositifs architecturaux, comme des classes ouvertes qui favorisaient la ventilation naturelle et l'ensoleillement, ces institutions ont pris en compte le bien-être des enfants. Ceux-ci étaient nécessaires pour améliorer et enforcir la santé des enfants qui étaient touchés par des maladies et qui avaient des problèmes physiques et mentaux (Auriac, 1934, p. 180).

L'architecture de ces bâtiments a été pensée pour favoriser la ventilation naturelle, en ayant des classes qui testaient les limites entre l'intérieur et l'extérieur (Figure 07), mais aussi en faisant en sorte que les enfants étudient à l'extérieur autant que possible. Une grande partie de la journée se passait à l'extérieur, dans la forêt, car l'emplacement de ces écoles était souvent hors de la ville pour éviter la pollution de l'air mais aussi la pollution sonore. L'architecture des écoles en plein air visait à améliorer le quotidien des enfants et des professeurs dans l'école (Figure 08).

Malgré les questions soulevées par les écoles en plein air, la question de leur succès est assez controversée. Quelques entretiens qui étaient menés avec des anciens élèves des écoles de plein air posent également la question des conditions hivernales, notamment dans les pays où l'hiver peut devenir assez sévère (Cathcart, 2005). Brian Cathcart dans son article parle du fait qu'en raison des classes ouvertes, les enfants pouvaient presque toucher la pluie pendant les jours pluvieux, et étudier dans la neige les jours de neige - il n'y avait pas de jours de repos. Certaines des personnes interviewées parlent du froid quand elles étaient aux écoles de plein air et comment elles ne savaient pas si elles pouvaient survivre jusqu'à la fin de la journée (Municipal Dreams, 2014).

Ces écoles ont posé des nouvelles questions concernant la salubrité de l'environnement intérieur dans une salle de classe. Ce fut le début d'une très longue recherche et discussion entre non seulement des architectes mais tous ceux qui sont affectés par l'environnement intérieur d'une salle de classe. Ce qui était bien noté avec les écoles en plein air était que l'exposition à l'air sain et au soleil avaient de nombreux avantages, non seulement pour la santé des enfants, mais aussi pour la façon d'apprendre à l'extérieur, dans la forêt entourée par la nature. Dans son ouvrage L'école de plein air, Anne-Marie Châtelet appelle ces écoles l'échec fécond ;

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

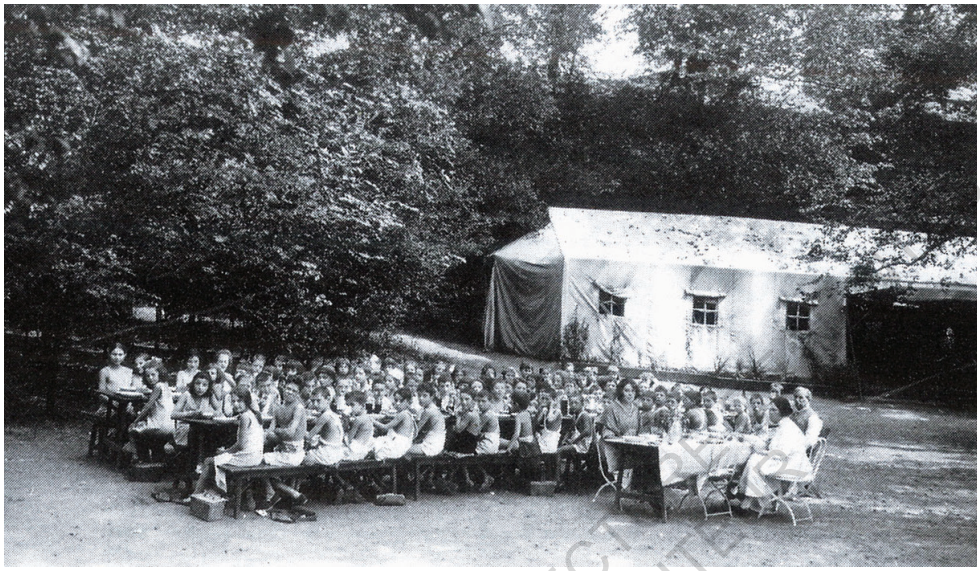


Figure 06

Rue Saint-Fargeau, 1923 - École de plein air, Paris

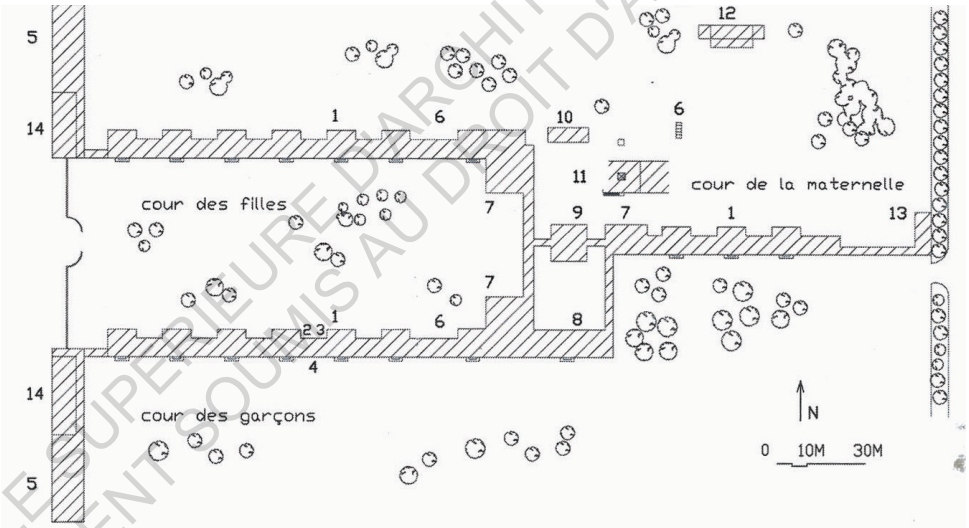


Figure 07

Charles Duval et Emmanuel Gonse architectes, 1921 "Groupe scolaire de plein air à Paris pour 500 enfants"

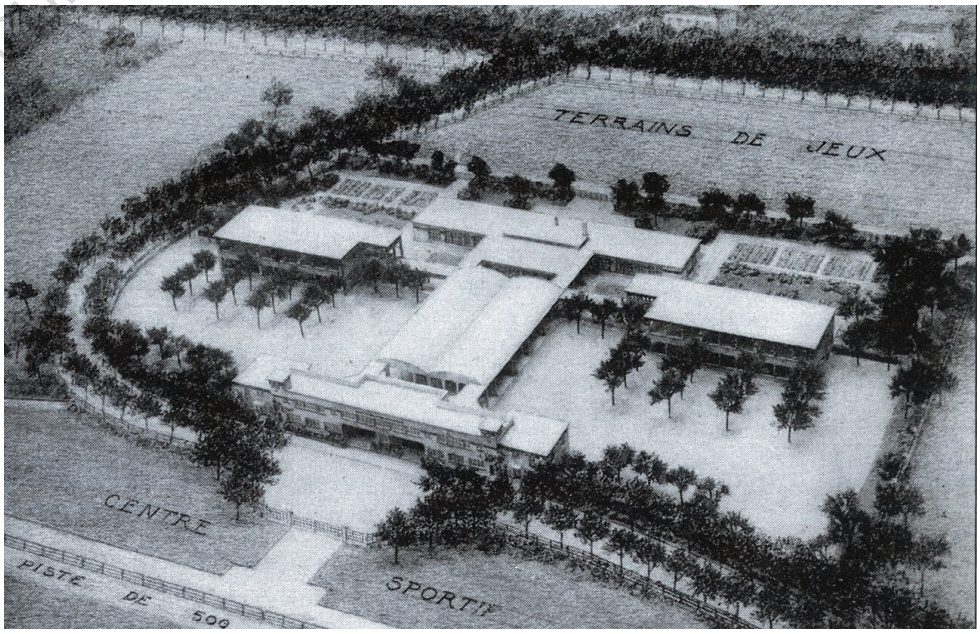


Figure 09

École de plein air du Pont-Rouge, Jacques Greber architecte, 1922-1931, Roubaix

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

« À bien regarder, la valeur de certaines de ces écoles de plein air n'est donc pas intrinsèque. Elle réside parfois moins dans les réalisations elles-mêmes, que dans l'influence qu'elles ont exercée. Elles furent un formidable terrain d'expériences, où, en marge du système institutionnel, ont été menées des tentatives impossibles dans le cadre de l'enseignement traditionnel. Là sont nées des idées qui ont préparé des réformes, tant dans le domaine de l'enseignement que dans celui de l'hygiène ou de l'architecture. (...) Si l'institution a disparu, ses principes ont pénétré l'enseignement primaire et l'architecture des écoles, au point de n'être même plus identifiés aujourd'hui comme un fruit des expériences de plein air. » (Châtelet, 2003, p. 403)

La Première Guerre Mondiale (1914-1918) a interrompu le développement des écoles en plein air. Après la guerre, la question des écoles en plein air est reprise vu l'état de la population et l'urgence d'accueillir des enfants « malingres, excitables et affaiblis» (Châtelet, 2003, p. 170). Entre 1920-1921, pendant la période de la reconstruction, la construction de ces écoles est favorisée avec une quinzaine des écoles réalisées. Chaque école s'occupait des problèmes différents, et visait à répondre aux objectifs et aux traitements variés autre que la climatothérapie initialement héritée de l'Allemagne, telles que l'héliothérapie – d'où L'école au soleil.
En 1922, Émile Marchoux a écrit un texte décrivant les écoles en plein air, en précisant que chacune des quatre faces de la classe devait être soit entièrement ouverte, soit vitrée, en proposant des classes pavillon (Figure 09). Cette année la construction des écoles en plein air était encore plus facilitée et encouragée avec une circulaire qui a donné la possibilité d'obtenir des aides pour la construction de ces écoles. En général, la période 1920-1930, est caractérisée comme une période de recherche et expérimentation théorique, mais le coût de ces écoles reste trop élevé malgré les aides et empêche qu'elles soient construites. Entre les deux guerres le nombre des écoles en plein air construites a diminué, et seules les « municipalités radicales ou socialistes (sont) plus disposées à assumer le lourd engagement financier» (Châtelet, 2003, p. 176).
Dans les années 1930, on sent des intentions de construire des écoles en plein air et la volonté de les

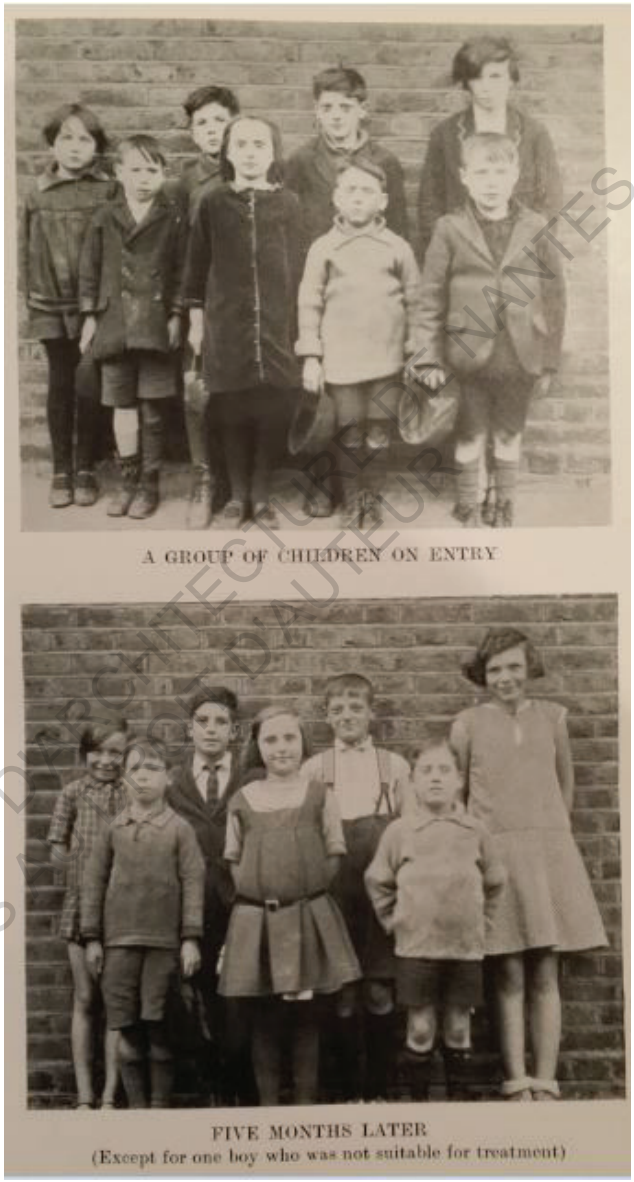


Figure 08

'Open Air Schools': photographie par Gibbon and Bell, History of the London County Council, 1889-1939

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS À DROIT D'AUTEUR

Figure 10

École de plein air Désiré Verhaeghe, René Delannoy architecte, 1925-1931, Lille

standardiser avec le deuxième Congrès International des écoles de plein air en Belgique en 1931 et le troisième en Allemagne en 1936 (Châtelet, 2003, p. 27). Néanmoins, il est évident que les écoles construites ne prennent pas la forme initiale.

« Si, dans les premières décennies de vie du mouvement, entre 1910 et 1930, les installations sont pour la plupart modestes, constituées de quelques tentes plantées sur un terrain disponible ou d'un bâtiment récupéré et sobrement réaménagé, dans les années trente, des bâtiments sont érigés, dont plusieurs d'une grande qualité architecturale. » (Châtelet, 2003, p. 28)

Au lieu, nous retrouvons plutôt des classes fermées avec des terrasses, des solariums, des vitrées de toute hauteur et des orientations qui favorisent la ventilation naturelle et le rapport entre l'intérieur et l'extérieur (Figure 10).

En 1936, après quarante-neuf ans de longue attente par des architectes, le ministère a publié des nouvelles instructions concernant les bâtiments scolaires. Cette réglementation hygiéniste définit la nécessité de surfaces d'éclairage maximum, des salles de douches et d'examen médical et des toitures terrasses. (Châtelet, 2003). Derouet-Besson, dans le compte rendu de l'ouvrage Les constructions scolaires en France, nous révèle que « Les instructions de 1936 consacrent une architecture fonctionnaliste où l'eau, devenue propre, courante et chaude, aide à lutter contre les microbes, où la préoccupation de l'acoustique se développe. » (Derouet-Besson, 1998). Dans les instructions de 1936, la lumière naturelle reste indispensable :

« Les baies ont désormais une allège imposée de 0.80 m. pour permettre la vue à l'extérieur et une meilleure ventilation. L'éclairage bilatéral est recommandé ; en revanche, les fenêtres dans le dos ou face à l'élève sont prohibées et compensées par un éclairage artificiel » (Cherot, 2003, p. 66)

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1.2.3. Après la Guerre Mondiale– Les contraintes sociales, politiques et économiques

Pendant la Seconde Guerre mondiale beaucoup d'écoles étaient détruites. Nous avions de nouveau besoin de reconstruire rapidement, avec des conditions économiques très serrées. En 1949, le ministère a publié des nouvelles instructions qui ont proposé des bâtiments économiques avec des espaces multifonctionnels (Cherot, 2003, p. 77). La période des années 1950 était une période de reconstruction intense. Notamment, 19000 classes étaient prévues à être construites dans quatre ans. L'aménagement des écoles s'est caractérisé par un design plus rationnel et standardisé. Anne Marie Châtelet a écrit:

« Dès 1950, le fameux service technique des constructions scolaires de la direction de l'architecture du ministère de l'Éducation nationale avait établi un schéma-type basé sur un module de 1,75m d'appliquant dans les deux axes orthogonaux pour superposer ou juxtaposer des éléments de nature différente tels que classes, cuisines, dortoirs. » (Châtelet, 1993, p. 304)

Pendant les années 1960 et 1970, l'expérimentation était de nouveau au centre de l'attention. Même si le budget était encore bas, le secteur scolaire a expérimenté afin d'économiser et de reconfigurer la disposition des écoles. Dans les instructions de 1965, cette trame de 1,75m est devenu obligatoire et c'était la première fois où la forme des bâtiments scolaires suivait leur fonction, avec des circulations simplifiés, logiques et fonctionnelles. Ce qui caractérise cette période, sont les techniques de standardisation et de préfabrication qui ont permis de réduire le coût de la construction et l'entretien des bâtiments scolaires. En 1969, des nouvelles éducations ont apparues, où l'enfant est mis au centre de la réflexion. Les nouvelles directives de 1973 ont permis une plus grande flexibilité et une forte recherche d'ambiance autour la pédagogie. Cette flexibilité est introduite par les écoles en plan ouvert, où les classes fermées ont laissé d'espace aux lieux libres et multifonctionnels. On retrouve aussi la question du rapport entre l'intérieur et l'extérieur avec des équipements sportifs semi-publics. Dans les années 1980, des recherches intenses sur l'architecture scolaire ont émergé en France (Châtelet & Le Coeur, 2004). Ces recherches étaient favorisées par les nouvelles directrices de 1973, par la création du Service d'histoire d'éducation en 1970 et du Musée national d'éducation en 1975. En 1974, la création du Secrétariat à la recherche architecturale, a encouragé

« l'émergence de laboratoires de recherches et l'engagement de travaux dont plusieurs témoignent d'un double mouvement décisif pour les études sur l'histoire de l'architecture scolaire » (Châtelet & Le Coeur, 2004, p. 20).

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1.3. Situation Actuelle

1.3.1. Préoccupations du développement durable et des ambiances scolaires

Pendant la dernière décennie avant l'arrivée du XXIe siècle, il est évident qu'il faut repenser l'ambiance intérieure des écoles, pour créer des environnements confortables. À cause de l'urbanisation des villes, l'environnement des écoles devient très triste. Pendant cette période, les architectes comprennent que l'école, le lieu où l'enfant passe autant de temps, doit être un lieu qui incite et plaît l'enfant par différents dispositifs qui rendent l'ambiance plus conviviale. De plus, la question de la nécessité des espaces extérieurs a reaparu. Ces recherches sont fortement liées au programme pédagogique.

Avec l'arrivée du XXIe siècle, la technologie a été remarquablement développée de sorte qu'il a été plus facile de contrôler l'environnement intérieur des écoles. Notamment, des systèmes mécaniques pouvaient contrôler la température et la ventilation d'une pièce, des capteurs pouvaient notifier l'usager si le CO2 est trop élevé, ou allumer la lumière artificielle si la lumière naturelle est trop basse. Ces progrès, couplés à l'évolution des règlementations dans la conception d'établissements scolaires, ont favorisé de nombreuses recherches et études concernant l'environnement intérieur idéal et l'ambiance de la classe. De plus, différents schémas de durabilité tels que HQE, BREEAM et DGNB ont également formulé des textes spécifiques concernant les bâtiments scolaires. Ceux-ci ont guidé l'architecte pendant les vingt dernières années vers un environnement intérieur plus sain et plus compréhensible aux besoins des enfants.

Ce qui semble évident, c'est que l'importance donnée à la qualité de l'environnement intérieur des écoles est affectée par le contexte social, non seulement au niveau européen, mais aussi par l'état actuel de chaque pays. Selon le budget disponible, l'architecture et la qualité des bâtiments scolaires sont directement influencées. De plus, en fonction d'autres questions politiques importantes, l'accent mis sur les bâtiments éducatifs change.

SINPHONIE (Publications Office of the European Union, 2014) était le premier projet pilote à surveiller l'environnement scolaire : ils ont notamment établi un réseau technique pour agir au niveau de l'UE, dans la perspective à long terme d'améliorer la qualité de l'air dans les écoles et les crèches. Certains des protocoles et outils de l'organisation étaient des questionnaires qui étudiaient la santé respiratoire des enfants et des enseignants et les facteurs liés à l'environnement scolaire. Ils ont également testé la capacité de concentration des enfants par rapport à l'environnement intérieur de leurs classes. Ces outils peuvent aider à évaluer des environnements scolaires différents.

En 2015, SINPHONIE a également publié le rapport Guidelines for healthy environments within European schools (Stylianos Kephalopoulos, 2014). Ce document a décrit différentes manières et différentes choses à prendre en compte pour concevoir des environnements sains dans les écoles de l'Union européenne. L'objectif de ce document était de « garantir la croissance des enfants, leurs opportunités d'apprentissage et leur performance » en prenant en considération différents aspects de la conception de l'école. Il a présenté ainsi différentes innovations pour un environnement scolaire plus sain, à l'initiative d'organismes tels que l'WHO, l'organisation mondiale de la santé, qui a publié des documents tels que les « Lignes directrices de la qualité de l'air en Europe ».

Le document Guidelines for healthy environments within European schools, a présenté un tableau avec de nombreux pays de l'Union européenne et a précisé les diverses règles nationales relatives aux environnements

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

éducatifs (Annexe 1). Il a divisé le tableau en plusieurs colonnes : types de règlementations, une description générale de ces règlementations, des spécifications et le public concerné par ces règles. Ce qui est intéressant à voir dans ce tableau est le fait que certains pays comme l'Albanie et Chypre n'ont pas de directives spécifiques adaptées à leur contexte et aux bâtiments éducatifs, alors que d'autres pays comme la France ont de nombreuses réglementations qui sont obligatoires. Celles-ci impliquent non seulement des règlements sur la conception d'un projet, mais aussi des règlements sur l'entretien et la surveillance du bâtiment.
Ce document a également suggéré une classification des différentes zones scolaires en fonction de leurs objectifs, tels que les salles de classe, salles à manger, des ateliers, des salles de sport et des espaces extérieurs. Il a expliqué que chaque catégorie nécessite des exigences différentes selon la densité d'occupation, le type de ventilation, la charge de chauffage, etc. En outre, ce document a précisé que la pollution de l'air extérieur, qui est causée par la circulation et les activités industrielles peuvent entrer dans le bâtiment et polluer l'air intérieur. Ces deux commentaires nous ramènent aux écoles en plein air, où les élèves passaient le plus de temps possible à l'extérieur pour une meilleure qualité de l'air. Ceci était possible grâce à l'air frais de la campagne qui n'était pas pollué par les centres des villes, à cause de la circulation est les activités industrielles.

1.3.2. L'utilisation des outils de calcul et leur importance

Comme mentionné auparavant, il est plus facile aujourd'hui de contrôler l'environnement intérieur grâce aux nouvelles technologies développés. Les outils de calcul font partie de ces technologies. Il est important d'évoquer l'importance de l'outil de calcul aujourd'hui puisqu'il peut anticiper les conditions d'ambiance et la consommation énergétique d'un bâtiment dès la phase de conception.
La définition des outils de conception donné par Nick Baker et Koen Steemers dans le livre Daylight Design of Buildings est :

« Une méthode, procédure, équipement etc. qui aide à l'évaluation d'un dessin ou modèle, à faire les bons choix, souvent en fonction d'objectifs précis, c'est-à-dire le respect des codes, normes, etc. » (Baker & Steemers, 2002) [1]

Les outils de conception sont utilisés, soit par les architectes, soit par les ingénieurs et les assistent dans le processus de conception. De nos jours, de nombreux outils sont utilisés pour aider à déterminer différentes stratégies telles que l'éclairage, la ventilation et la température, les systèmes de protection solaire, etc. Puisque les réglementations concernant l'économie d'énergie des bâtiments deviennent assez exigeantes, les outils de conception sont essentiels pour résoudre les problèmes liés qui peuvent apparaître.
Il existe deux types d'outils de conception ; les outils manuels et les outils informatiques.
Les outils manuels vont des formules mathématiques aux diagrammes. Un exemple assez populaire d'outil de conception manuelle est le gnomon, qui permet de tracer les ombres portées en plan et élévation.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

[1] *Traduit par l'auteur*

En cas d'utilisation des outils de conception, il est important que les calculs soient précis. C'est la raison pour laquelle les outils informatiques sont généralement préférés aux outils manuels. Certains d'entre eux sont des logiciels dans lesquels le bâtiment est modélisé en 3D, puis à l'aide d'extensions, différentes caractéristiques sont calculées. Un outil fréquemment utilisé, est Rhino, avec des extensions de Grasshopper tels que Ladybug et Honeybee. En outre, EnergyPlus, un programme de simulation, est fréquemment utilisé, où la consommation d'énergie et la consommation d'eau d'un bâtiment est calculée.
Il y a quelques années, l'utilisation des outils n'arrivait qu'à la fin du processus de conception. Dernièrement, avec des concepts tels que le « processus de conception intégré », ces outils sont utilisés pendant la phase de conception. Cela permet, non seulement de gagner un temps précieux à la fin du processus de conception, mais offre également un bâtiment holistique.
En France, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, a développé des moteurs de calcul qui sont intégrés dans des logiciels des calculs qui servent pour assurer la conformité d'un projet à la RT 2012. Ces logiciels calculent, entre autres, la Simulation thermique dynamique (STD) et l'analyse de l'énergie du bâtiment. Le CSTB a également développé des logiciels qui préparent la maitrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre pour la future RT 2020.

1.3.3. Approfondissement de la question d'influence des ambiances sur la performance et la santé de l'enfant

Un enfant passe plus de temps à l'école que dans n'importe quel autre endroit sauf à la maison (Publications Office of the European Union, 2014). En moyenne, les étudiants et les enseignants passent deux cents jours par an à l'école et une année entière dans une salle de classe tout au long de leurs études primaires (Velux, 2018).
Nous avons compris dans la première partie de l'introduction que les acteurs impliqués dans la construction des écoles avaient découvert depuis le XIXe siècle que l'hygiène des établissements scolaires influait sur la santé des enfants. On l'avait également constaté avec les écoles en plein air qui étaient conçues pour recevoir des enfants malades et faibles. Actuellement, des études sont menées pour approfondir cette question et pour comprendre la grandeur de l'influence des ambiances sur la performance et santé des enfants. Au cours de la dernière décennie des études ont montré que l'environnement intérieur peut influencer de manière significative la santé et la performance des usagers (Frontczak, 2011), (Publications Office of the European Union, 2014). Toutes les heures que les enfants passent à l'école et leur vulnérabilité aux maladies, indiqueraient qu'un environnement intérieur sain dans une école est extrêmement important et qu'il peut avoir un impact considérable sur leur santé et leur performance (Degrotte, et al., 2013). Cela signifierait qu'il est fondamental de penser, concevoir et de construire des environnements confortables et sains pour les enfants et leurs enseignants. Dans son livre, L'architecture de l'environnement bien tempéré, Reyner Banham déclare : "L'humanité peut exister, sans assistance sur pratiquement toutes les parties de la terre habitées, mais pour s'épanouir plutôt que de survivre, l'humanité a besoin de plus d'aisance et de loisirs " [2] (Banham, 1984). Il explique qu'une part importante de cette facilité et de

[2] *Traduit par l'auteur*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ces loisirs provient du contrôle et de la gestion de notre environnement immédiat. Par conséquent, l'école, le lieu où un enfant apprend à apprendre, à s'épanouir et à devenir un membre précieux de la société, soit aussi améliorée que possible.

Des études ont également prouvé que l'environnement physique autour des enfants peut influer sur leur comportement (Kumar, et al., 2008) et que l'environnement de leur classe peut également affecter leur performance et leur concentration (Association for phychological science, 2014). L'étude HEAD (Holistic Evidence and Design) (Barrett, et al., 2015) a divisé les facteurs susceptibles d'affecter l'apprentissage en trois catégories; la naturalité, la conception de la salle de classe et la stimulation.

Il est alors éprouvé que les ambiances intérieures liées à la « naturalité » tels que la lumière, la température, la ventilation et la thermique ont une influence signifiante sur l'enfant. C'était inévitablement la question principale depuis la création des écoles en plein air. De nombreuses études ont été menées pour comprendre comment l'environnement intérieur d'une école affecte la santé des élèves et des enseignants. Tels aspects sont l'absentéisme, les problèmes respiratoires et les problèmes de santé. SINPHONIE a effectué des questionnaires sur la santé respiratoire des enfants et des enseignants et les a liés à des facteurs possibles concernant les environnements dans lesquels ils passent leur temps. Ils ont également étudié l'attention et la capacité de concentration des élèves par rapport à leur environnement scolaire intérieur.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1.4. Problématique et Hypothèses

1.4.1. Problématique : L'ambiances et la performance énergétique

Au travers de l'introduction, nous avons fait ressortir quelques questions autour l'environnement scolaire et ses ambiances. Nous voyons au fil des années, des problématiques d'hygiène et de santé dans les salles de classe. Notamment, l'espace extérieur et son emplacement a toujours été un élément important parce qu'il peut influer sur l'efficacité de la ventilation naturelle. En outre, la conception des surfaces vitrées peut affecter non seulement la ventilation naturelle mais l'ensoleillement de la salle de classe aussi. Nous voyons apparaître, après la deuxième Guerre Mondiale, des préoccupations concernant l'économie d'énergie des bâtiments. Ainsi, des nouvelles problématiques se révèlent tels que la performance énergétique.

Ce que ce mémoire aspire étudier, est comment les préoccupations concernant les ambiances intérieures d'un bâtiment scolaire sont adaptées et revisitées à nos jours alors qu'il y a une forte préoccupation pour les bâtiments durables et économes en énergie. La question principale est de savoir comment les architectes interprètent cette question historique concernant l'environnement intérieur des bâtiments éducatifs et l'adaptent aux réglementations actuelles qui deviennent de plus en plus exigeantes.

On s'intéressera principalement sur un des espaces de l'école : la classe. Après les recherches effectuées, il était clair que la salle de classe est un des espaces le plus importants de l'école et le lieu où l'enfant passe la majorité de son temps. Il est important que l'ambiance de la salle de classe assiste l'enfant dans son apprentissage. Par conséquent, l'architecte doit maitriser les ambiances de cet espace parce qu'elles ont un impact significatif sur l'enfant.

Pour étudier la relation entre le niveau énergétique du bâtiment et les ambiances générées à l'intérieur, on s'intéressera par un élément spécifique de la salle de classe : la fenêtre. Comme dans les écoles en plein air, mais aussi dans les écoles bâties aujourd'hui, c'est évident que la question de la relation entre l'intérieur et l'extérieur est essentielle. Des questions comme la maitrise de l'air qui rentre à l'intérieure et la température sont toutes liées à la gestion de la relation entre l'intérieur et l'extérieur et par conséquence aux ouvertures. Néanmoins, le rapport entre l'intérieur et l'extérieur de l'école a un sens plus pédagogique aussi. Il est prouvé, qu'il est important pour l'agrandissement et le développement des enfants que l'accès aux espaces extérieures soit facilité. D'autre part, la fenêtre fait partie des éléments contrôlés par des nombreuses règlementations. Il doit respecter tous les textes relatifs aux exigences énergétiques mais en même temps c'est un élément qui contrôle extrêmement l'ambiance intérieure aussi. Pour comprendre le rapport entre ceux deux aspects ; la règlementation et la qualité de l'ambiance, nous allons étudier la fenêtre dans la salle de classe.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1.4.2. Hypothèses : Contradictions et corrélations

Nous pouvons soutenir l'hypothèse qu'il existe des contradictions entre la recherche d'efficacité énergétique et les qualités d'ambiance dans les établissements scolaires. En revanche, nous pouvons également supposer que les architectes peuvent tirer parti des exigences énergétiques en les intégrant dans le processus de conception au bénéfice de la qualité des ambiances architecturales.

Par le règlement du 1880, on constate une préoccupation concernant l'amélioration de l'environnement intérieure dans la salle de classe. Des questions autour la fenêtre et son emplacement apparaissent depuis cette période avec la volonté de favoriser la ventilation naturelle et l'ensoleillement de la salle de classe. Les salles de classe des écoles en plein air ont allé au-delà et elles ont bénéficié de l'environnement extérieure pour guérir la tuberculose. La salle de classe ouverte, a été le moyen de lutter contre la maladie en étant entourée par la nature. Avec l'air frais et le soleil, les enfants apprenaient dans des milieux sains éloignés de la ville dense et industrialisée. Pendant le XXe siècle, avec les deux guerres mondiales et la crise des années 1970, une démarche d'économie d'énergie et efficacité est adoptée pour la construction des écoles. Les architectes étaient plus pragmatiques avec la conception des fenêtres pour éviter les déperditions d'énergie.

Aujourd'hui, en XXIe siècle nous sommes confrontés avec plein de problèmes environnementales, notamment avec le changement climatique. Des nombreux schémas de durabilité, mais également les exigences énergétiques sont aujourd'hui de plus en plus strictes concernant l'efficacité du bâtiment en termes d'énergie. D'autre part, des recherches ont été menées et continuent d'être menées, concernant l'importance de la qualité des ambiances dans les salles de classe et leur effet sur les enfants. Les ambiances sont fortement impactées par les surfaces vitrées. L'efficacité énergétique dépend également des surfaces vitrées. La qualité des ambiances nécessite des surfaces vitrées suffisamment larges et nombreuses pour favoriser l'ensoleillement et la ventilation naturelle, tandis que l'efficacité énergétique du bâtiment diminue à cause des déperditions par des surfaces vitrées.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1.5. Terrain d'étude

1.5.1. Contexte géographique

France

Pour étudier la question abordée dans la problématique, trois bâtiments scolaires ont été sélectionnés. Par le biais d'analyses et d'entretiens, les trois écoles seront étudiées. Les trois bâtiments se trouvent en France. Le contexte géographique a été sélectionné dans la continuation de mon enseignement supérieur. Le fait que le processus de conception et la culture architecturale en France me soient familiers me permettra de mieux comprendre les projets.

Danemark

Après avoir vécu au Danemark pour un an et demi, j'ai pu constater que le pays est pionnier en tous ce qui concerne l'architecture scolaire mais également le système scolaire. J'ai donc jugé intéressant d'analyser ce projet danois. Le cas au Danemark ne sert pas comme référence, mais comme objet de comparaison pour restituer les questionnements de l'échelle locale.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1.5.2. Les écoles choisies

Cité Éducative Nelson Mandela

Figure 11

La première école choisie est la Cité Éducative Nelson Mandela et Bibliothèque de quartier à Angers (Figure 11). Ce bâtiment scolaire a été dessiné par GPAA Architectes. Cette école a été choisie premièrement parce qu'elle couvre la totalité du terrain et elle fait la limite entre l'espace public. Cela pourrait affecter l'ambiance de la salle de classe et les stratégies des architectes concernant les fenêtres des salles de classe. Une autre caractéristique de l'école très intéressante est la diversité des fenêtres de l'école. Les façades qui donnent sur les rues disposent des fenêtres carrés et quelques-unes sont recouvertes des moucharabiehs en brique. Ces fenêtres rendent les façades extérieures assez fermées, au contraire des façades intérieures côté cour qui sont très ouvertes avec des baies vitrées. En outre, on y retrouve également des ouvertures en double jour qui éclairent l'intérieure des salles de classe. Enfin, les petites fenêtres comme de petits canons de lumière offrent des vues plus particulières vers la cour et elles intriguent la curiosité.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

École maternelle « La Ruche »

Figure 12

La deuxième école est l'École maternelle « La Ruche » au centre bourg de Perthes en Gâtinais, conçue par Tracks Architectes en 2018 (Figure 12). L'école a été choisie principalement grâce à sa disposition linéaire eloignée de la voirie publique, orientée Nord-Sud, avec des classes placées les unes à côté des autres de façon répétitive. En outre, l'ambiance de la salle de classe telle qu'elle apparaît sur les images est très particulière ; la lumière naturelle, les grandes fenêtres offrant des vues vertes et la grande ouverture zénithale créent une très belle ambiance. Il sera intéressant d'analyser cette école afin de comprendre comment les architectes ont trouvé l'équilibre entre les grandes fenêtres et le respect de la réglementation relative aux déperditions d'énergie.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AUX DROITS D'AUTEUR

Maison de l'Enfance

Figure 13

La troisième école choisie est la Maison de l'Enfance conçu par Y.Architectes en 2019 (Figure 13). L'école se trouve à Saint-Genis Les Ollières à Rhône Alpes. Une des raisons principales que cette école était choisie est sa démarche écoresponsable. Il a été demandé par la maitrise d'ouvrage que le bâtiment soit labellisé Effinergie+ et certifié par PEQA – Performance Énergétique et Qualité Associée. En outre, l'école fait également limite avec l'espace public et elle apparait très fermée de la rue. Les mêmes questions soulevées pour la Cité Éducative Nelson Mandela ont été posées concernant le traitement du vis-à-vis avec la rue.

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Hjertet i Ikast

Figure 14

Comme mentionné, une école danoise a également fait partie de cette recherche. Évidemment, le contexte social et éducatif danois est complètement diffèrent. L'étude de cette école ne fait pas l'objet d'une comparaison mais seulement d'une indication de ce qui se fait au Danemark qui est considéré comme innovateur à la pédagogie et l'architecture scolaire.

L'école danoise choisie s'appelle Hjertet i Ikast – directement traduit à Cœur dans Ikast - et est situé dans la petite commune Ikast-Brande, au centre du Danemark. Les architectes danois C.F. Møller ont construit cette école au milieu d'un paysage remarquable entouré d'une forêt (Figure 14). Le bâtiment, certifié « Low energy standard 2015 », est un bâtiment assez compact entouré de grandes façades vitrées. L'école a été choisie parce que l'ambiance intérieure sur les photos était intéressante, mais cela m'a posé des questions sur comment ils ont réussi à obtenir la certification mentionnée ci-dessus avec des problèmes des déperditions qui arrivent quand on met en place des grandes baies vitrées.

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AUDROIT D'AUTEUR

1.6. Méthodes de recherche

Pour répondre à la problématique, nous allons nous intéresser sur les écoles publiques primaires en France. Étant d'origine étrangère et pas française, j'ai d'abord dû comprendre le système éducatif français. Pour ce faire, une phase de recherches théoriques qui est présenté dans l'introduction a initié ce processus. Après avoir appréhendé l'organisation de l'éducation en France, des recherches ont été menées concernant la question de la durabilité des bâtiments et l'évolution des préoccupations liées à la construction durable. Enfin, l'impact des ambiances intérieures sur le confort des étudiants devait également être étudié. C'était important pour comprendre l'importance de l'impact de l'environnement intérieur sur les écoliers.

1.6.1. Entretiens avec architectes - Le récit du projet

Par l'intermédiaire des entretiens avec les architectes des projets sélectionnés, le processus architectural et de conception des bâtiments étaient étudiés. Les entretiens étaient menés en parallèle avec les analyses des projets afin de répondre aux questions soulevées dans la problématique. Premièrement, chaque architecte était invité à présenter le projet qu'il a dessiné ; son processus, les différentes phases du projet et les contraintes qui ont été mises en place par le maître d'ouvrage ou autres acteurs. Par la suite, ils étaient questionnés sur l'influence des réglementations sur leur démarche architecturale. Ils étaient également interrogés sur le fil conducteur des ambiances générées dans l'école. Finalement, il leur a été demandé d'expliquer leur point de vue sur les textes réglementaires et l'évolution qu'ils ont vécue au fil de leur carrière.

Delphine Coriou, architecte chez GPAA, a été interviewée dans la salle de réunion du bureau de l'agence GPAA le mercredi 17 avril 2019 à 11h, et l'entretien a duré environ une heure et vingt minutes. Madame Coriou était le chef du projet Cité Éducative Nelson Mandela.

Moïse Boucherie, architecte associée de Tracks Architectes et chef de projet École Maternelle « La Ruche » a été interviewé. Monsieur Boucherie était très occupé, il m'a donc demandé de lui envoyer les questions de l'entretien par mail, qu'il a répondu le 30 avril 2019.

Thibaut Dury, qui est architecte chez Y.Architectes, était interviewé par le même questionnaire envoyé à M. Boucherie par mail. Monsieur Dury était un des architectes de la Maison de l'Enfance et il a répondu aux questions le 17 mai 2019.

Julian Weyer, associé à l'agence et chef de projet chez C.F Moller, a été interviewé par Skype le 6 avril 2019 à 14h30 et notre conversation a duré une heure. Il était le chef de projet de l'école danoise Hjertet i Ikast.

1.6.2. Indicateurs - Étude comparative des salles de classe des écoles

Afin de comparer les projets choisis, des indicateurs ont été définis. Ces indicateurs sont regroupés en quatre thématiques; l'usage, la lumière, la ventilation et la thermique. Les thématiques se focalisent sur des questions autour la fenêtre dans la salle de classe. Pour analyser les bâtiments de façon systématique et pour qualifier les aspects liés au sujet, des indicateurs étaient définis et ils seront examinés à la fois par les entretiens et à la fois par l'analyse des plans et façades des écoles.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Usage (3.1)

Dans la première thématique transversale; on étudiera les usages de la fenêtre.
Premièrement, la possibilité des vues sera examinée.
Les mètres carrés de surface vitrée qui permettent à l'enfant de regarder à l'extérieur quand il est assis seront calculés. Nous allons définir un point au milieu de la salle de classe que nous considérerons comme la place assise de l'enfant. Une vue vers l'extérieur en position assise, limite le sentiment de confinement et permet une relation directe avec les environs de l'école.
Par la suite, la surface vitrée qui permet à l'enfant de regarder à l'extérieur quand il est debout sera également calculée. Nous allons considérer que, avec des pédagogies où l'enfant est libre de se déplacer dans la salle de classe, il ne sera pas tout le temps au même endroit, et par conséquent il aura différents points de vue vers l'extérieur. Ainsi, deux points de vues seront étudiés, un à proximité de la fenêtre et un plus éloigné au milieu de la salle de classe.
Pour chaque catégorie les vues proposées seront examinées afin de les qualifier. Pour ce faire, nous allons diviser les vues des fenêtres en quatre catégories ; les fenêtres qui donnent une vue vers la rue, des bâtiments, la végétation et le ciel.
Finalement, nous allons calculer les mètres carrés de surface vitrée mate qui ne permettent pas aux passants de regarder à l'intérieur et assurent l'intimité des enfants. Pour ce calcul on prendra en compte seulement les fenêtres qui donnent sur des rues.
L'accès à l'extérieur est le deuxième paramètre. Pour ce paramètre, on calculera le linéaire de périmètre qui s'ouvre et offre la possibilité d'un accès à l'extérieur depuis la salle de classe. Cela définirait à quel point la relation entre les enfants et la nature est directe. De plus, il nous indiquera à quel point les enfants ont la liberté de sortit de leur salle de classe pour aller à l'extérieur.
Finalement, on étudiera la possibilité de s'asseoir sur l'allège de la fenêtre. Ce paramètre est défini pour nous donner une indication sur la liberté de l'usage de la fenêtre. Selon la profondeur et la hauteur de l'allège on examinera s'il est possible pour l'enfant d'utiliser la fenêtre comme assise. On calculera le pourcentage des fenêtres qui permet cet usage.

Lumière (3.2)

La deuxième thématique transversale est liée aux surfaces vitrées et la lumière naturelle.
Tout d'abord, on calculera les mètres carrés des surfaces vitrées au Nord. La lumière venant des ouvertures orientées au Nord, est plus douce et plus diffusée. Cette lumière résulte des changements très subtils dans les niveaux de lumière et la texture de couleur tout au long de la journée, et évite des éblouissements.
Par la suite, nous allons calculer les mètres carrés de la surface vitrée avec de l'ensoleillement naturelle directe. La lumière du soleil directe, améliore la luminosité globale des intérieurs, et cause des zones spécifiques de lumière concentrée. Nous allons soustraire les surfaces vitrées masquées par des éléments qui ne permettent pas la lumière directe de rentrer.
Le niveau de l'éclairement naturel affecte sans aucun doute les besoins de l'éclairage artificiel, et par conséquent la performance énergétique de l'école. Les Facteurs de Lumière de Jour nous serviront pour comprendre si la disposition des fenêtres améliore les besoins en éclairage artificiel.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Ventilation (3.3)

La ventilation naturelle est aussi un critère important lié à la fenêtre. Une mauvaise qualité de l'air intérieur peut nuire à la concentration et la performance des élèves, et conduire à une augmentation de l'absentéisme à cause des maladies. En outre, l'étude de la ventilation permettra de comprendre quels sont les besoins en ventilation mécanique dans la salle de classe.
Le ratio entre les surface des vitrages fixes et la surface habitable et le ratio entre les vitrages ouvrables et la surface habitable seront calculés. Cet indicateur étudiera la possibilité de la ventilation naturelle dans la salle de classe.
Par la suite, il faut également examiner si les fenêtres ouvrables, disposent de systèmes automatiques qui ouvrent les fenêtres mécaniquement. La surface des fenêtres manuellement ouvrables sera calculée pour donner une indication de la liberté et le confort des utilisateurs, et la possibilité de leur permettre de contrôler leur propre environnement.
Finalement, on étudiera si la ventilation traversante est possible. Ce type de ventilation permet un flux d'air à travers la salle de classe. Grâce à l'effet de cheminée, il est possible de comprendre l'importance de la ventilation mécanique mais aussi la nécessité, ou l'absence de nécessité, d'une climatisation en été. Le pourcentage des salles de classe de l'école où la ventilation traversante est possible sera calculée.

Thermique (3.4)

Il est important que les grandes ouvertures soient suffisamment grandes pour permettre un éclairement et ventilation suffisante, mais, comme il a déjà été évoqué auparavant, il est nécessaire de trouver un équilibre pour être également capable de contrôler la température de la salle de classe.
Premièrement, on calculera les mètres carrés de surfaces vitrées qui disposent d'une protection solaire. Les protections solaires prises en compte seront uniquement composés par des éléments dessinés par l'architecte comme des brises soleil et des portes à faux.
Finalement, le ratio entre la surface vitrée et la surface habitable nous indiquera à quel niveau l'enveloppe de la salle de classe est déperditive.

1.6.3. Entretiens avec institutrices – L'expérience de l'ambiance scolaire

Afin de découvrir la réalité des salles de classe, des institutrices ont été interviewées. Des questionnes autour l'ambiance des classes et le quotidien des institutrices avec les enfants ont été posées. Nous avons pu parler avec trois institutrices de la Cité Éducative Nelson Mandela.
Madame Robert qui enseigne la moyenne-grande section a été interviewée. Nous avons pu rencontrer Madame Robert à la Cité Éducative à Angers, le mercredi 26 juin 2019, à 13h00. L'entretien a pris place dans sa salle de classe et il a duré environ 30 minutes.
Madame Regereau et Madame Dolo enseignent la petite-moyenne section. Les deux institutrices n'avaient pas le temps de me rencontrer, et elles m'ont donc demandé de leur envoyer les questionnes par mail. Madame Regereau a répondu le 20 juin 2019 et Madame Dolo le 30 juin 2019.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

1.7. Plan

Le mémoire sera divisé en cinq parties.
L'introduction est une présentation de l'état de l'art de la problématique. Cette investigation s'est appuiée sur des ouvrages et articles et a visé à présenter comment la question a été abordée jusqu'au aujourd'hui.
La deuxième partie présentera les quatre projets étudiés et les entretiens menés par leurs architectes. Les stratégies des architectes, leurs processus et parcours sera présenté et analysé. Ceci se fera par le biais des entretiens mais également par l'analyse des pièces graphiques et techniques des projets.
Dans la troisième partie, une étude transversale des ambiances des écoles sera réalisée. Elle sera une analyse comparative des salles des classes des écoles par des indicateurs divisés en quatre catégories ; usage, lumière, ventilation et thermique.
Le quatrième chapitre révèlera l'avis des institutrices sur les ambiances des salles de classe. Dans ce chapitre on découvrira la réalité des salles de classe et la vie quotidienne des habitants.
Nous allons finalement mettre en parallèle le projet imaginé par les architectes, l'analyse des salles de classe par les indicateurs et la réalité rencontrée par les institutrices.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2. Récit du processus des projets

2.1. La Cité Éducative Nelson Mandela

2.1.1. Description du projet

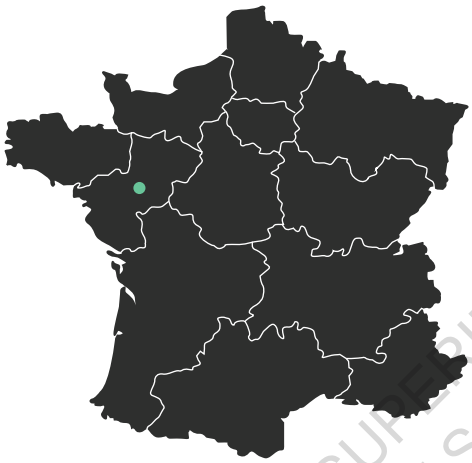


Figure 15

Situation

Le secteur des Hautes de Saint Aubin est un secteur urbain au Nord-Ouest de la ville d'Angers (Figure 16). La ZAC des Capucins, est un de trois projets d'aménagement situés dans ce secteur. Ce lieu se développe en extension de la ville avec 10 000 logements prévus. Le plateau des Capucins contient trois périmètres ; un dédié à la construction, un aux espaces verts et un dernier pour les voiries. Pendant la première phase d'aménagement, de 2009-2014, des constructions essentielles ont été réalisés. Actuellement, le secteur Hauts de Saint-Aubin possède deux groupes scolaires publics ; soit une somme de 340 élèves en écoles publiques, et un groupe scolaire privé.

Figure 16

Site

Le site est limité par la rue de la Fauconnerie au Sud, par un mail planté au Nord, à l'Ouest par des jardins familiaux et à l'est par la rue Isidore Odorico (Figure 17). Il a été important par la municipalité de valoriser l'angle Sud-Est. Pour cette raison, cet équipement public y est stratégiquement posée pour s'ouvrir vers le quartier et s'adresser à tous les habitants.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS A DROIT D'AUTEUR

Figure 17

Plan Masse

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 18

Plan RDC

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Type de marché

Angers Loire Métropole a lancé un concours en 2009 pour la construction de la Cité Éducative. L'agence d'architecture GPAA a gagné le concours et ils ont continué à travailler sur le projet jusqu'à son livraison en septembre 2012. La Cité Éducative a fait partie de la première phase d'aménagement de la ZAC.

Programme

Le programme de la Cité Éducative Nelson Mandela est mixte ; un groupe scolaire maternelle et primaire public, un centre de loisirs pour les enfants de deux à cinq ans, un équipement de petite enfance et une bibliothèque de quartier. L'école maternelle contient six salles de classe et l'école élémentaire en contient neuf. La crèche accueille 24 enfants et le centre de loisirs 60 enfants.

Le bâtiment

La Cité Éducative Nelson Mandela, occupe toute la parcelle du projet et par conséquent fait clôture de l'espace public. Elle se développe sur 130 m de long, avec l'école maternelle à l'Ouest, puis le centre de loisirs, la crèche et finalement à l'Est la bibliothèque. Située au premier étage, on retrouve l'école élémentaire. La surface totale du bâtiment est 4854 m² soit 3590 m² au rez-de-chaussée, 1264 m² au premier étage et 224 m² au deuxième étage qui servent comme local technique. On retrouve plusieurs typologies de fenêtres dans l'école ; des grandes baies vitrées, des fenêtres carrées ; des ouvertures zénithales, des petites alcôves et des fenêtres en second jour.

L'école maternelle

On s'intéressera plus particulièrement sur l'école maternelle de la Cité Éducative qui s'organise dans une forme d'U orienté Ouest avec une cour de récréation au milieu. L'école maternelle comprend six salles de classe, trois salles de repos, deux salles d'activité et une salle de motricité.
Il y existe deux salles de classe de petite section, deux de moyenne section et deux de grande. Les deux salles de grande section sont placées au Nord de la cour de récréation et elles sont situées côte à côte. Les deux salles de moyenne section sont également placées au Nord de la cour, avec une salle de repos entre elles. Au Sud de la cour de récréation, les deux salles de classe de petite section sont séparées par une salle de repos et des sanitaires. Cette organisation avec des salles de repos entre les salles de classe est souvent utilisée pour les écoles maternelles où les enfants ont besoin de se reposer sans s'éloigner de leur salle de classe.
La cour de récréation couvre une surface de 876 m² et elle est partagée par tous les enfants de tous les sections. La circulation se trouve entre les salles de classe et la cour de récréation, et sert comme un espace tampon. Grâce à l'emplacement de la circulation, nous pouvons avoir des activités calmes à l'intérieure des salles de classe quand les enfants sont dans la cour et jouent.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

"Salle de classe 1"

"Salle de classe 2"

"Salle de classe 3"

"Salle de classe 4"

"Salle de classe 5"

"Salle de classe 6"

2.1.2. Synthèse d'entretiens

Figure 19

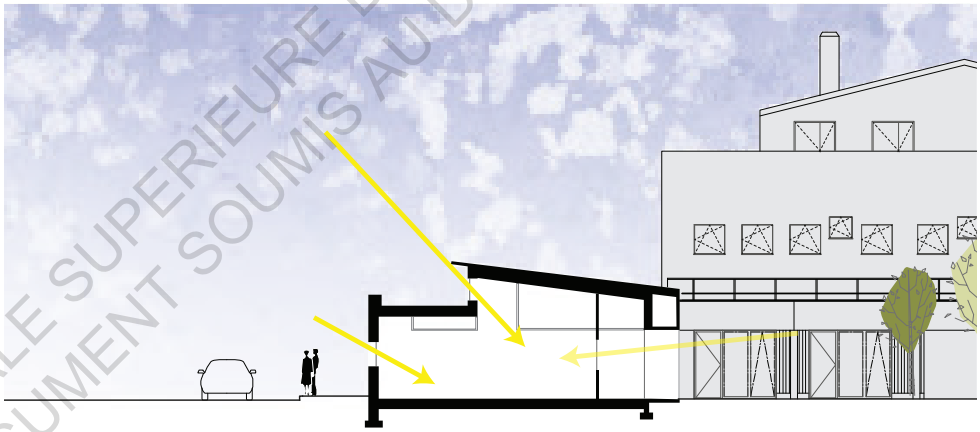


Figure 20

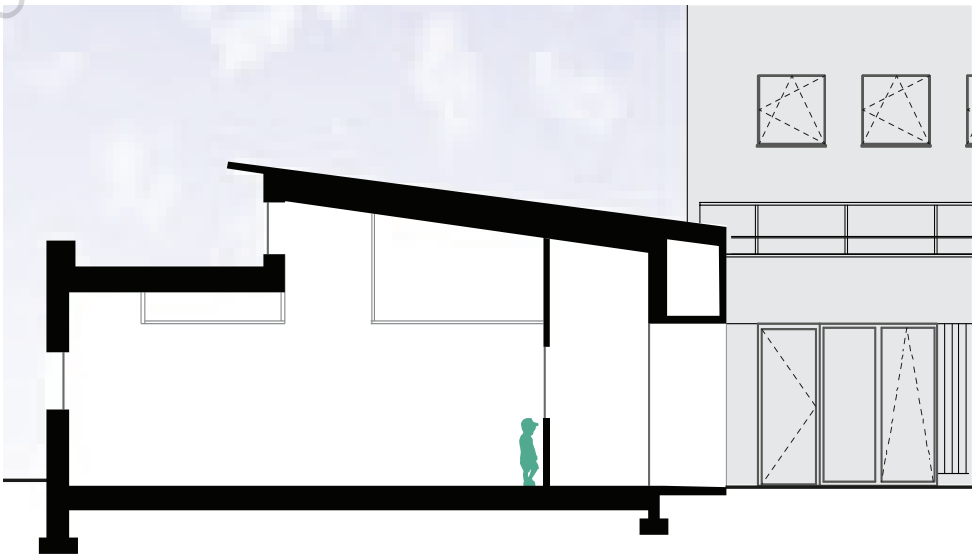


Figure 21

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE VAUCLUSE
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Vue

Un des grands soucis des architectes était le vis-à-vis, résultat de l'emplacement des salles de classes le long des rues publics.

« En fait quand tu es... le groupe scolaire il faisait clôture de l'espace public... et tu te dis quand... fin tu vois par exemple là on est dans la salle de réunion, on est le long d'une voie piéton et on donne sur la rue. Tu te dis que quand tu as des enfants il faut que tu donnes une certaine protection pour leur intimité. Et donc tu n'ouvres pas. Tu n'ouvres pas l'espace de la classe sur la rue quoi. Ce (n') est pas possible. (...) On pourra se dire et bah on fait une allège d'un mètre et après on vide plein peau. Très bien. Sauf que quand on sait que les enfants... bah ils sont quand même - en maternelle ils sont quand même tout petits, c'est quand même dommage qu'eux n'ont pas de vue. » [3]

Pour cette raison, il a été décidé de percer très peu les façades donnant sur les espaces publics, avec des petites fenêtres de 45 par 45 cm. Afin de trouver un équilibre entre l'intimité des enfants et la possibilité de leur offrir des vues, les fenêtres sont placées avec différentes hauteurs de point d'appui (Figure 19). Par conséquent, les fenêtres basses offrent des vues aux enfants, mais laissent passer également la vue des passants à l'intérieur.

Lumière naturelle

« Si on prend cette décision sur le fait qu'on est sur la voie publique et qu'on veut... qu'on ouvre un peu moins mais qu'on va chercher aussi des vues pour les enfants, on sait qu'on a besoin d'aller chercher de la lumière qui nous manque. Parce qu'elle va nous manquer dans cette salle, elle fait je pense sept mètres de large. » [4]

Les salles de classe dans l'école maternelle ont une profondeur de sept mètres et il a été donc nécessaire de chercher de la lumière naturelle supplémentaire. Des ouvertures hautes au Sud ensoleillent naturellement l'intérieure des salles de classe. En supplément, des fenêtres en second jour ont été ajoutées dans les classes pour profiter de l'ensoleillement naturelle à travers les baies vitrées de la circulation (Figure 20).

Vis-à-vis avec la cour de récréation

Tous les enfants de l'école maternelle - les enfants en petite section qui ont trois ans et les enfants de grande de section qui ont cinq ans – partagent la cour. Les architectes ont parlé avec une institutrice pour qu'elle leur raconte une journée type dans une école maternelle. Elle leur a expliqué que les enfants ne sont pas mélangés dans cet espace extérieur ; des différents emplois de temps sont déployés pour chaque section. Pour cette raison, les fenêtres en second jour qui donnent sur la cour étaient traitées de manière à ce que les enfants en petite section ne peuvent pas regarder les plus grandes sections qui sont en train de jouer. L'allège est haute et elle évite ce vis-à-vis pour ne pas distraire les petits enfants (Figure 21).

Ventilation naturelle traversante

Les fenêtres en second jour ne sont pas ouvrables et n'assistent pas à la ventilation de la classe. La ventilation naturelle, est favorisée par les petites fenêtres situées le long de la rue et par l'ouverture haute au Sud. En revanche, l'architecte m'a expliqué que même si les petites fenêtres côté rue s'ouvrent, à cause du fait qu'elles donnent sur une voie publique, elles ne sont pas très fréquemment ouvertes.

Protections solaires – Brises soleil orientables

Les brises soleil orientables protègent toutes les fenêtres de l'école maternelle sauf les fenêtres au Nord au premier étage. Les BSO se mettent à l'horizontale pour bloquer le soleil quand il est haut et il vient du Sud, mais le fait qu'ils sont orientables fait qu'il est possible de bloquer le soleil même quand il est plus bas, et il vient de l'Est ou l'Ouest. La particularité de ce type de brise soleil est qu'il est très fin et il peut donc être placé dans l'isolant et être caché.

[3,4] *Voir Entretien avec Mme Coriou*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 22

La circulation

Premièrement, grâce à l'emplacement de la circulation entre la cour de récréation qui est un espace bruyant et les salles de classes et les dortoirs qui nécessitent du calme, la circulation sert comme espace tampon.
Comme on l'a déjà évoqué, la circulation assiste également à l'éclairement naturelle des salles de classe. Il y existe des murs rideau qui séparent la cour de récréation avec la circulation. Grâce aux ouvertures en second jour, la lumière diffuse pénètre à l'intérieur des salles de classe.
D'autre part, la circulation éloigne les salles de classe de la cour de récréation.

« Et puis on sait aussi que... bah tu as la circulation et qu'on va pas aller...on a besoin d'une circulation fermée chauffée, mais qu'il faut aussi aller de la salle de classe directement dans la cour de récréation et du coup on cherche à traiter aussi cet espace tampon » [5]

Les architectes ont proposé des grandes baies vitrées coulissantes qui offrent un accès à la cour qui est assez facile.
Pour ne pas créer un espace totalement vitré et qui sera trop chaud pendant l'été, les baies vitrées sont placées en recul de la façade. Par conséquent le débord de toit protège l'intérieur de la circulation et évite des surchauffes.
Dans l'objectif d'offrir des vues particulières aux enfants, des petites ouvertures en style canon de lumière complètent la façade entre la cour de récréation et la circulation. Par contre, le fait d'avoir mis des façades plus opaques entre les salles de classe et le jardin, fait que les fenêtres en second jour n'assistent pas partout à l'éclairement naturelle des classes.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

[5] *Voir Entretien avec Mme Coriou*

Figure 23

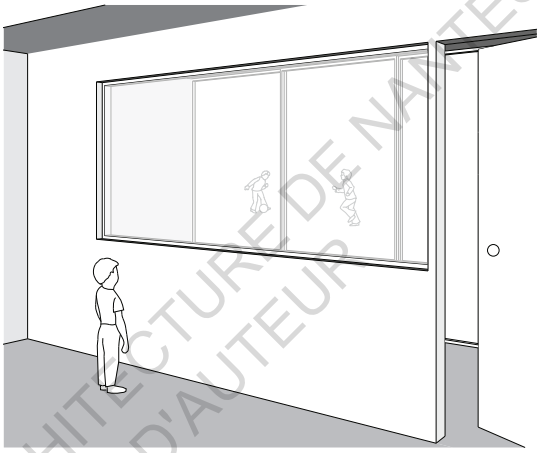


Figure 25

Figure 24

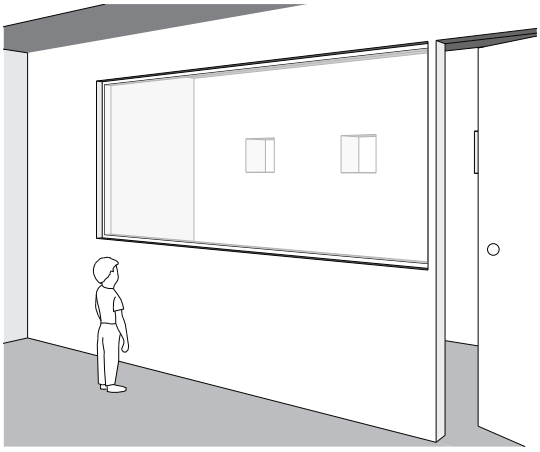


Figure 26

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2.2. École Maternelle « La Ruche »

2.2.1. Description du projet

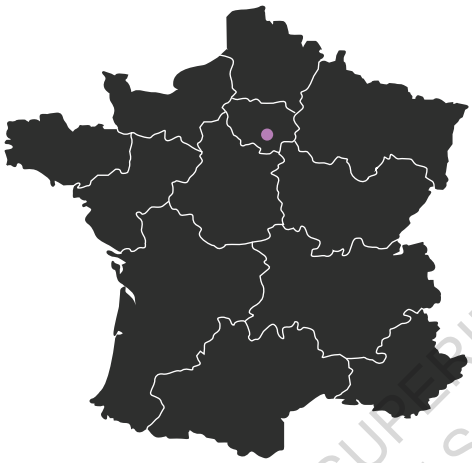


Figure 27

Situation

L'École Maternelle « La Ruche » se trouve dans Perthes qui est une commune dans la région Ile-de-France (Figure 27) . La commune ne compte que deux milles habitants elle est appelée par les locaux « Perthes en Gâtinais ». Le Parc Naturel Régional du Gâtinais Français, est un territoire protégé, qui couvre 75640 m² et 69 communes. Perthes est accompagné par le PNRGF, qui a pour mission la préservation du patrimoine naturel et culturel de l'ensemble du territoire.
La charte du Parc naturel, précise les ambitions environnementales du projet, comme la protection et le développement du territoire et la mise en valeur des paysages.

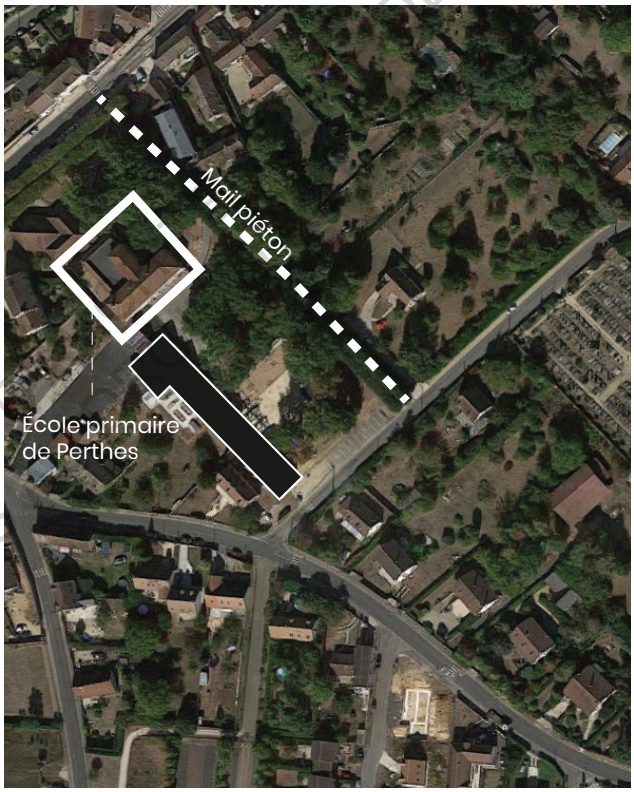


Figure 28

Site

La parcelle du projet est un site arboré en plein cœur historique du petit village. La nouvelle école maternelle de Perthes a été construite à côté de l'école primaire de Perthes. Les deux écoles communiquent par le préau couvert de l'école primaire. Une grande surface végétale libérée vient en continuité du mail piéton et de la cour de récréation des écoles et offre l'opportunité aux habitants du village d'avoir un espace vert généreux et appropriable.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS A DROIT D'AUTEUR

Figure 29

Plan Masse

Figure 30

Plan RDC

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENTS SPÉCIFIQUES À DROIT D'AUTEUR

Type de marché

Il s'agit d'une procédure adaptée répondue par Tracks Architectes en Mars 2016. Puisque dans ce type de marché il n'y a pas de concours préalable, plusieurs esquisses doivent être présentés à la maîtrise d'ouvrage. Les architectes et la maîtrise d'ouvrage ont beaucoup échangé entre eux sur les différentes esquisses présentées et ils ont dû changer le projet plusieurs fois afin de répondre aux besoins de la maîtrise d'ouvrage.

Programme

L'école inclue un programme très traditionnel ; quatre salles de classe, une salle de motricité, des bureaux, deux salles de vie et deux préaux couvertes. Une cour de récréation au Nord et des jardins pédagogiques au Sud sont également mises à la disposition des enfants.

Le bâtiment

Le bâtiment couvre une surface de 826 m² et dispose d'une cour de récréation avec une surface de 1000 m². L'école comprend quatre classes ; trois salles de classes maternelles qui sont identiques et une salle de classe primaire. Les quatre salles de classes sont orientées Nord et donnent une vue directe vers la cour de récréation.

Dans l'idée de respecter la charte du PNRGF, l'implantation linéaire du bâtiment scolaire a libéré un maximum d'emprise au sol. Plus précisément, le pourcentage d'empreinte du bâtiment est 26%, il libère donc 74% de la parcelle pour des activités extérieures. La matérialité du bâtiment est également influencée par la charte du PNRGF. Dans un cadre de respecter l'environnement proche, les architectes ont choisi l'ossature bois avec des éléments préfabriqués qui ont significativement minimisé le temps et les nuisances du chantier.

Pendant le processus, les architectes ont dû défendre plusieurs caractéristiques de l'école. L'architecte a notamment mentionné la toiture à deux pans, qui multipliait par deux les surfaces de toiture en comparaison d'une toiture plate. M. Boucherie a évoqué le fait que les calculs RT2012 étaient très contraignants et ne permettaient pas de prendre en compte la qualité architecturale. La toiture à deux pans était une décision architecturale qui était questionnée et a provoqué des discussions concernant la volumétrie intérieure et l'efficacité du projet. Ainsi, les différents acteurs impliqués dans le projet, doutaient également l'implantation linéaire qui selon eux allait contre la « compacité du projet ».

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

"Salle de classe 1"

"Salle de classe 2"

2.2.2. Synthèse d'entretiens

Figure 31

Figure 32

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

La vue

Le positionnement du projet en linéaire au Sud de la parcelle, a libéré une grande partie du terrain au Nord pour la cour de récréation. Grâce aux ouvertures au Nord, cet espace arboré offre des belles vues aux enfants depuis l'intérieur des classes.

« Le bâtiment dialogue avec son site bucolique et arboré.... les échanges de vues de l'intérieur vers l'extérieur (et inversement) permettent aux enfants de vivre les ambiances extérieures à l'abri dans leur école» [6]

En outre, grâce à l'implantation du bâtiment en linéaire au Sud, la cour de récréation, qui se trouve entre l'espace public et le bâtiment, devient un espace tampon, qui empêche les passants d'avoir des vues à l'intérieur des salles de classe. De ce fait, il était possible pour les architectes d'ouvrir en maximum la façade Nord parce qu'elle est éloignée de la voirie publique (Figure 31).

Thermique

Nous pouvons constater que les fenêtres ne possèdent pas des protections solaires même si elles sont des grandes surfaces vitrées. Nous pouvons imaginer qu'il n'y avait pas besoin puisque le soleil rentre très rarement en directe dans les salles de classe. Par conséquent, il n'y a pas de risques de surchauffe.

Lumière artificielle

Pour compléter la lumière du jour qui par fois n'est pas suffisante pour les activités prévues dans les salles de classe, un capteur de lumière du jour est mis à place. Ce capteur peut mesurer la quantité de la lumière naturelle et si elle n'est pas suffisante, elle allume la lumière artificielle automatiquement. Il permet de limiter l'utilisation de la lumière artificielle afin d'améliorer la performance énergétique du bâtiment.

Ventilation traversante

Dans le même esprit d'économiser d'énergie, la ventilation traversante est possible grâce à l'ouvrant en façade Nord et l'ouverture zénithale qui est également ouvrable (Figure 32). La possibilité d'avoir une ventilation naturelle permet aux instituteurs et institutrices de renouveler l'air très rapidement quand ils sentent qu'il est nécessaire.

« Nous avons dessiné les ouvrants en façade et en toiture pour pouvoir faire une ventilation naturelle maitrisée par les instituteurs(trices) en fonction du ressenti et de leurs besoins en air neuf : il suffit d'ouvrir la fenêtre en façade et l'ouvrant en toiture quelques secondes et l'ensemble du volume d'air est remplacé » [7]

L'accès à l'extérieur

Quand les enfants sont dans leurs salles de classes, la proximité à l'espace arboré est très immédiate. Néanmoins, l'accès de la salle de classe directement à la cour n'est pas possible.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

[6,7] *Voir entretien avec M. Boucherie*

2.3. Maison de l'enfance

2.3.1. Description du projet

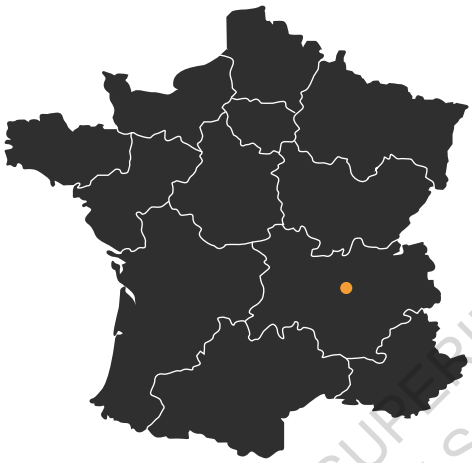


Figure 33

Situation

Figure 34

Site

Saint-Genis-les-Ollières est une petite commune située en région Auvergne-Rhône-Alpes (Figure 33). La ville de St-Genis-les-Ollières est fortement engagé en faveur du développement durable. Différentes actions sont mises en places au sein de la commune, pour assister et soutenir les habitants vers un quotidien durable.

La parcelle se trouve dans une zone résidentielle, et est visible au Nord depuis l'Avenue de la Libération (Figure 34). À l'Ouest du site se trouve un parking, et l'Est et Sud du site est entouré par des maisons individuelles. Après une analyse menée par les architectes, il a été décidé de créer une nouvelle rue piétonne qui marque les deux entrées principales du projet. Cette rue piétonne crée des liens avec d'autres équipements publics de la commune. Située à côté de la crèche Belin Beline, le projet vise à la réhabiliter et l'intégrer dans son programme.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 35

Plan Masse

Figure 36

Plan RDC

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Programme

Le bâtiment regroupe un centre de loisirs, un relais d'assistantes maternelles, un service enfance-jeunesse et une crèche déjà existante de 44 berceaux qui était réhabilitée. On retrouve au RDC cinq salles d'activités, la restauration, une cuisine, une salle de préparation, des bureaux et deux salles de vie. Au R+1 le bâtiment contient des salles de vie RAM, un bureaux RAM, une salle de repos et un bureau d'administration.
La maîtrise d'ouvrage - la ville de Saint-Genis-les-Ollières – engagée en faveur du développement durable, avait demandé à la maîtrise d'œuvre de respecter quelques exigences environnementales. Ils ont voulu obtenir le label Effinergie + et respecter la RT2012-20%.

Le bâtiment

La Maison de l'enfance s'implante sur une parcelle de 2251 m². Son empreinte au sol couvre 998 m², en libérant 983 m² pour les cours de récréation. La surface totale du bâtiment est de 1268 m², avec 270 m² au R+1.
Le RDC est organisé en longueur, orienté Est-Ouest, avec les salles d'activité à l'Est et les dortoirs à l'Ouest. Le long de la façade Ouest, le nouveau passage piéton offre une connexion vers l'Avenue de la Libération. Le R+1, en forme d'U, orienté à l'Est, comprenne les bureaux de RAM.
Le bâtiment impose sa forme d'équipement public, avec le béton qui est très peu existant dans la zone résidentielle. Un cadre de façade en béton blanc allège la forme générale, tout en soulignant le béton estampé imitant le bois. Toutes les portes extérieures sont recouvertes de bois pour les faire disparaître.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

"Salle de classe 1"

"Salle de classe 2"

"Salle de classe 3"

"Salle de classe 4"

2.3.2. Synthèse d'entretiens

Figure 37

Figure 38

Figure 39

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Vis-à-vis avec espace public

Situé à côté de la voie publique, entouré par des habitations, le bâtiment scolaire doit régler ses façades de manière à ne pas créer des vis-à-vis. Les cours sont stratégiquement placées à l'Est de la parcelle, là où le vis-à-vis avec le parking existant est déjà traitée par la végétation. De cette manière, les salles d'activités qui sont également orientées à l'Est, peuvent être largement ouvertes vers l'espace extérieur sans problèmes tandis que les façades au Nord, Ouest et Sud, sont très peu ouvertes. De plus, l'école est soulevée pour ne pas permettre aux passants de regarder les enfants quand ils se trouvent dans les espaces extérieurs (Figure 37).

Accès à l'extérieur

L'emplacement des salles de classe et des cours de récréation à l'Est, protégées de l'espace public, donne également la possibilité aux enfants et institutrices d'accéder aux espaces extérieurs directement depuis les salles de classe. En effet, toutes les salles de classe disposent des ouvertures qui favorisent une relation directe avec l'espace vert.

Lumière naturelle

En plaçant toutes les salles d'activité à l'Est, où il y a le moins de vis-à-vis, il était également possible d'ouvrir de manière conséquent pour apporter de la lumière naturelle nécessaire. L'orientation des salles d'activités offre un ensoleillement naturel matinal, tandis que l'orientation des dortoirs à l'Ouest permet une lumière naturelle pendant l'après-midi.

Ventilation naturelle traversante

Les menuiseries ouvrables permettent une ventilation naturelle dans les salles d'activités. Cependant, la ventilation croisée n'est pas favorisée que pour deux salles (salle d'activité 1) par les ouvertures sur la façade Est et par les ouvertures zénithales.

Protection solaire – Volets Roulants

Même si toutes les salles d'activités disposent des ouvertures qui permettent la ventilation naturelle traversante, le niveau de renouvèlement d'air n'était pas suffisant.

« Cependant, les réglementations évoluant sans cesse, elles arrivent parfois à être contradictoires avec la logique du projet et son programme. Ainsi, nous avions le cas ici par exemple, où les calculs tendaient à mettre une climatisation en place au sein du projet. Or, ces équipements sont interdits au sein des bâtiments de petites enfance. Nous avons donc mis en place la CTA double-flux adiabatique et un bon système de protection solaire, afin de résoudre le problème mis à jour par les calculs. » [8]

Pour cette raison, des volets roulants ont été choisis (Figure 38). L'utilisation des volets roulants a une double utilité ; la protection solaire des surfaces vitrées et la ventilation des pièces pendant la nuit. Les volets roulants peuvent être déplacés selon l'ensoleillement de la journée. D'autre part, si souhaitable, les salles d'activités peuvent être aérées pendant la nuit entre les lames des volets roulants qui sont fermés et les menuiseries qui sont laissés ouverts.

Protection solaire supplémentaire

Un deuxième élément qui assiste à la protection solaire des salles d'activité qui sont exposées à l'Est sont les débords de la toiture (Figure 39). Seules deux salles nécessitent cette protection solaire supplémentaire. Les ouvertures des trois autres salles (salles d'activité 2,3 et 4) qui sont placées à la partie Nord du bâtiment sont masquées par une construction à l'Est et par une des façades du bâtiment au Sud – elles ne nécessitent donc pas des protections solaires supplémentaires. Le débord de toiture est plutôt nécessaire pour les deux salles de classe placées au milieu du bâtiment. En complémentaire, la végétation fait de l'ombre aux ces deux salles de classe qui peuvent être plus critiques que les autres concernant les surchauffes à cause de leur orientation.

[8] *Voir entretien avec M. Dury*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2.4. Hjertet I Ikast

Il faut préciser que le projet Hjertet i Ikast n'est pas comparable aux autres projets déjà présentés. Le contexte social et éducatif danois diffère largement de celui en France. De même, le climat danois nécessite un traitement différent quand on dessine un bâtiment. Finalement, les réglementations BR2020 actuellement applicables au Danemark comprennent des exigences environnementales différents que la RT2012 qui est applicable en France.

2.4.1. Description du projet

Figure 40

Situation

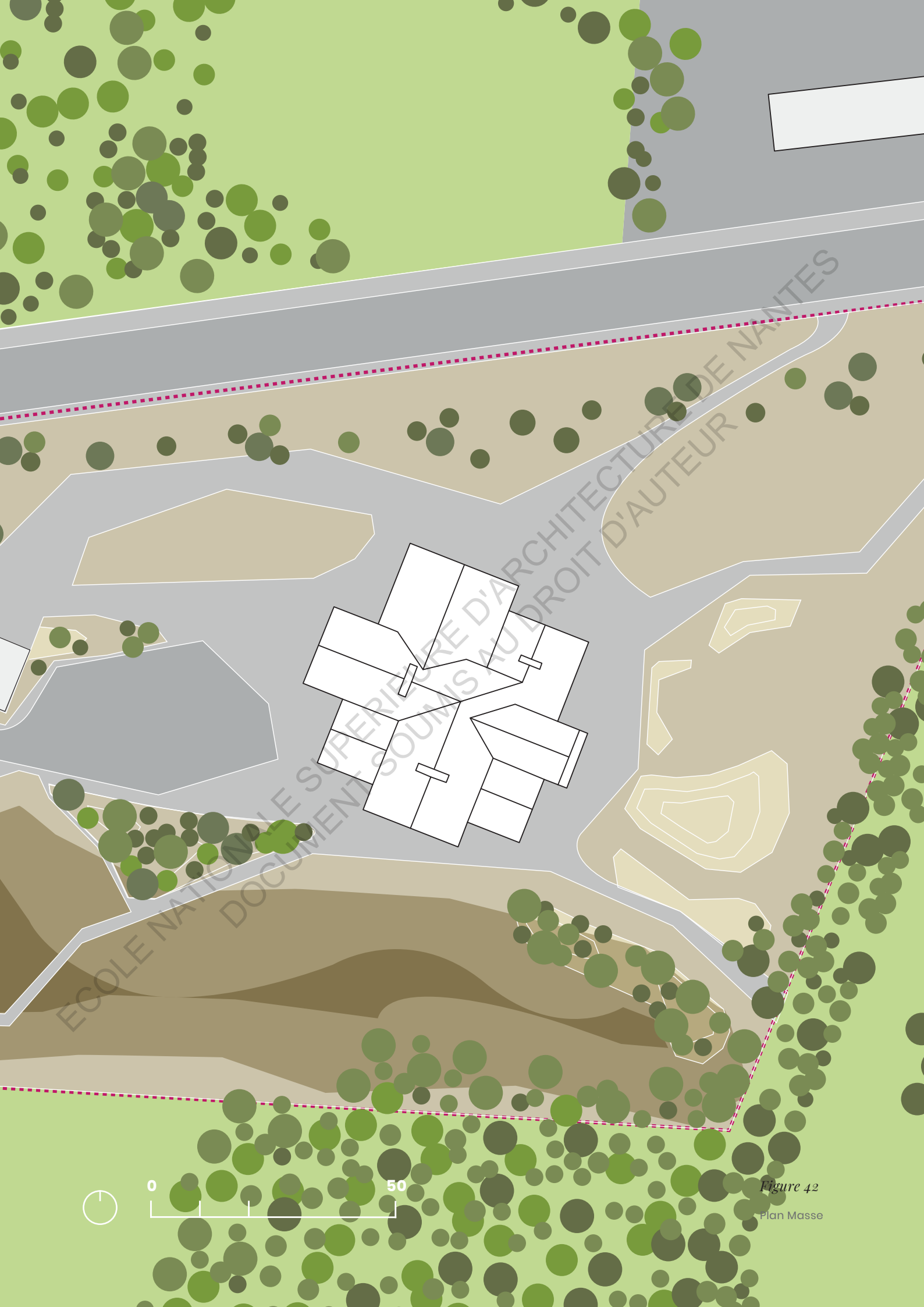
Ikast-Brande est une commune de quarante mille habitants située dans la région Midtjylland (Jutland-Central) au Danemark (Figure 40). Ikast est une ville située au Nord de la commune et compte quinze mille habitants.

Figure 41

Site

Le groupe scolaire de l'École Internationale d'Ikast-Brande se trouve à l'Ouest du centre-ville, à côté d'Ikast-Brande Gymnasium (lycée), et le Handelsgymnasiet Ikast-Brande (collège commercial) (Figure 41). À l'Ouest du site à l'extension du paysage aménagé, se trouve également une petite zone forestière protégée.

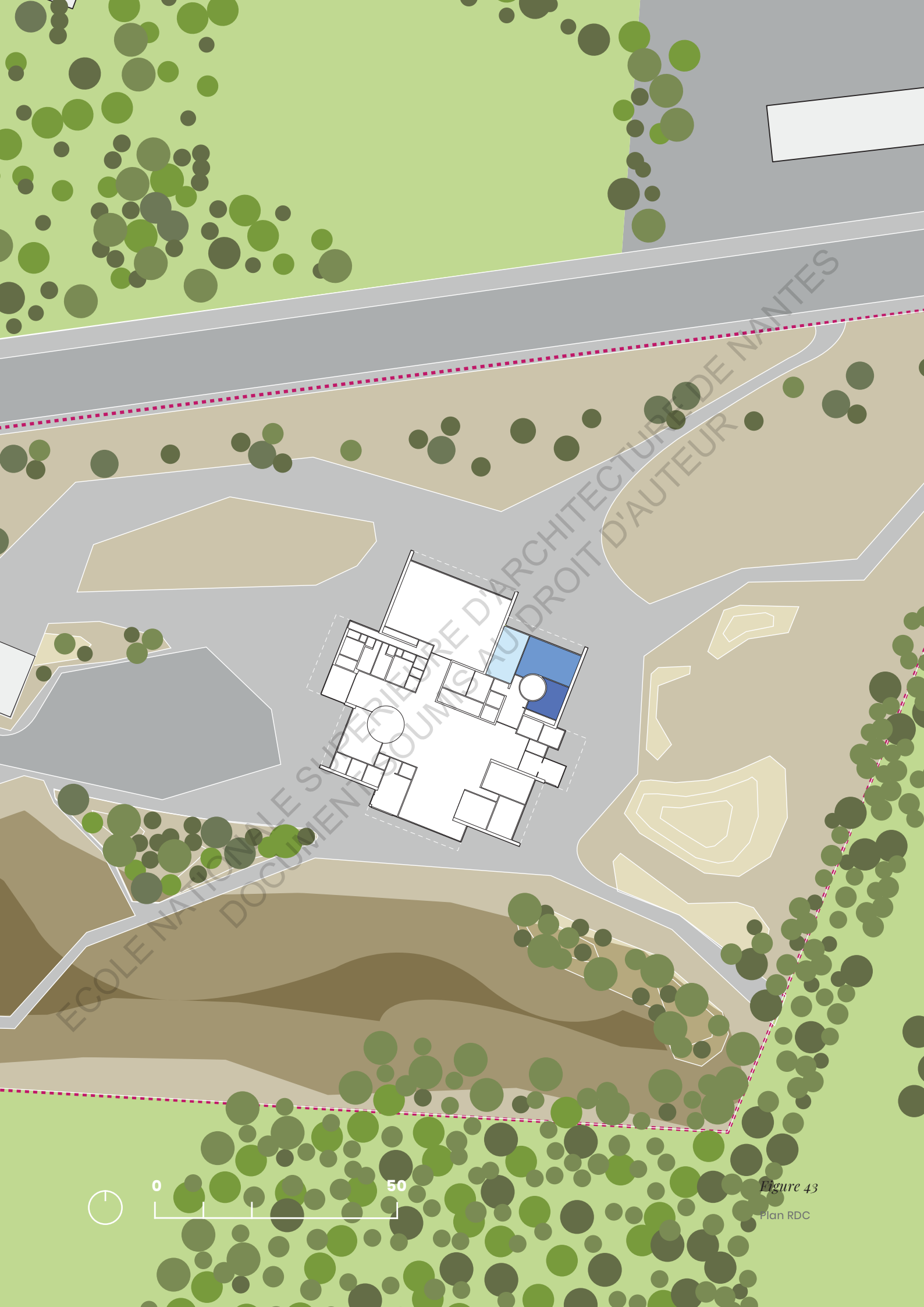
ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS A DROIT D'AUTEUR



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 42

Plan Masse



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENTS SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 43

Plan RDC

Type de marché

L'École Internationale d'Ikast Brande est une école privée qui a fait appel à C.F Møller Architects en 2010 pour construire leur nouvel équipement qui était livré en 2012. En 2015, ils ont décidé de développer leurs infrastructures. Ce développement était nécessaire parce qu'il y avait besoin d'une plus grande surface et de plus d'installations pour les enfants et les professeurs. L'École a décidé de s'adresser encore à C.F Møller Architects pour cette extension.

Programme

L'École Internationale d'Ikast-Brande

En 2012 l'école internationale d'Ikast-Brande a déménagé dans un nouveau bâtiment dessiné par C.F. Møller Architects. Ce nouvel édifice contient 2 600 m² et comprend des activités scolaires, parascolaires et une école maternelle. Le bâtiment est conçu comme une petite ville avec des volumes individuels organisés autour d'une place et desservis par des rues orthogonales. Le bâtiment dessiné pour l'École Internationale d'Ikast-Brande dispose d'une configuration scolaire classique selon le standard scandinave. Le bâtiment accueille un programme entièrement scolaire, avec des salles de classe, des espaces ouverts pour l'interaction des étudiants et un espace central qui favorise des performances et des rassemblements.

L'extension de l'École Internationale d'Ikast-Brande

Depuis 2015, l'école souhaitait développer ses infrastructures dans la ville. Quand les architectes ont commencé la conception de l'école, ils ont découvert que la municipalité était en train de travailler sur un projet potentiellement compatible : celui-ci devait accueillir un programme culturel avec notamment des salles de conférences et des salles polyvalentes. Ces fonctions pouvaient être assimilées aux fonctions de l'extension future de l'École internationale. Le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre ont donc proposé la jonction de deux programmes où l'école fusionnerait avec le projet de la municipalité sur le site destiné à l'extension de l'école.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

"Salle de classe 1"

"Salle de classe 2"

"Salle de classe 3"

Le bâtiment

La surface totale du site est de quatre hectares et l'empreinte du bâtiment est 2098 m². De cette manière, le bâtiment ne couvre que 5% de la surface totale du site. Installé à l'Est du terrain, il libère toute la partie Ouest pour les activités sportives extérieures. La surface totale brute du bâtiment est 3660 m², avec 2188 m² au rez-de-chaussée, et 1463 m² au premier étage. Le bâtiment dispose d'une place centrale avec une scène de performance. La place répartit les utilisateurs dans les différentes salles du bâtiment multifonctionnel. Une partie du bâtiment abrite les salles de cours de l'école qui peuvent être transformées pendant l'après-midi et la soirée en plusieurs salles et ateliers d'art pour des associations et écoles du soir. Une autre aile du bâtiment possède une salle de sport qui peut s'ouvrir sur les activités sportives extérieures. Le bâtiment comporte également un café avec une cuisine, et une petite zone commerçante où l'on peut acheter des produits biologiques, issus d'une initiative socio-économique locale, ainsi que des produits artisanaux de producteurs non-voyants. Finalement, le programme contient une diversité de salles, grandes et petites, pour des activités de sports doux et de relaxation telles que la danse et le yoga, des événements culturels et des services de conseil pour les jeunes.

La cohabitation des deux commanditaires – mairie et école – a nécessité de réfléchir également aux problèmes organisationnels que cela pourrait engendrer. Pour résoudre ceux-ci, un système a été mis en place permettant à l'École International de réserver les équipements lorsqu'elle souhaite les utiliser. Ce système offre une flexibilité à l'école qui occupe à certains moments 80% de la surface totale du bâtiment et à d'autres seulement 10%. Ce système permet aussi une meilleure optimisation de la surface totale du bâtiment, qui peut être utilisée par la municipalité ainsi que d'autres organismes quand l'école n'a pas besoin de tous les équipements. Le bâtiment et les salles sont ainsi occupés en permanence, du matin au soir. L'équipement culturel initialement planifié par la municipalité proposait des structures avec des toitures en deux pans. Ce choix a été fait pour rappeler le caractère agricole de la ville. D'autre part, avant d'avoir envisagé la fusion des deux programmes, le projet architectural pour l'École Internationale a été initialement conçu comme un petit village avec des petits volumes assemblés. Par la suite, les architectes ont proposé une combinaison des deux concepts formels. L'architecture finale combine les deux idées, et prend la forme d'un petit village constitué par des petits volumes avec des toitures à deux pans assemblés.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Place centrale

Salles de cours

Salle de sport

Zone commercante

Salle de sports doux

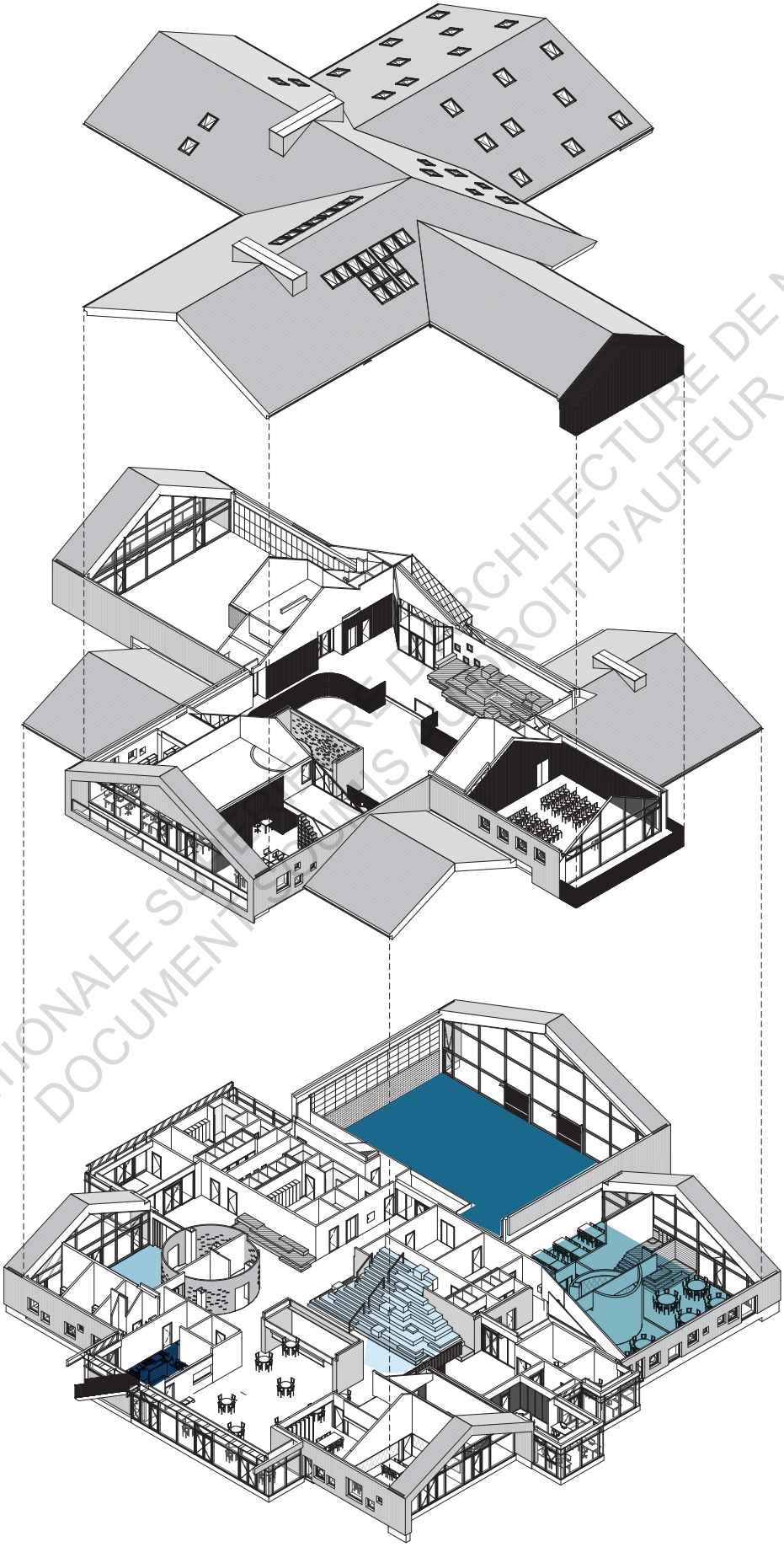


Figure 44

Axonométrie
Éclatée

ECOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENTS SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2.4.2. Synthèse d'entretiens

Figure 45

Lumière

Comme M. Weyer a expliqué, la lumière naturelle était essentielle pour la conception de l'école.

« Dans les pays nordiques, nous sommes généralement obsédés par la lumière du jour, nous devons donc disposer de suffisamment de lumière du jour, mais nous devons l'équilibrer avec les gains de chaleur en été et les pertes de chaleur potentielles en hiver.» [9]

Afin d'amener de la lumière naturelle dans les salles de classe, elles sont situées au Nord-Est du bâtiment. Les vitrages au Nord offrent une abondance de lumière diffuse dans les salles de classe qui sont assez profondes.
Les deux salles de classe qui possèdent des façades à l'Est sont percées de manière différente. Il est important de dire que le bâtiment n'est pas orienté parallèlement au Nord, comme on peut voir sur le plan. Ainsi la façade Est est critique et risque des surchauffes. Néanmoins, comme mentionné ci-dessus, les salles de classes sont assez profondes. Elles nécessitent donc de la lumière naturelle supplémentaire. La stratégie des architectes consistait d'ajouter des fenêtres complémentaires afin de répondre aux exigences de la lumière de jour.

Ces fenêtres supplémentaires, « saupoudrées » le long des façades, possèdent des hauteurs d'allèges et des tailles variées. Les fenêtres hautes, contribuent à l'éclairement naturelle de la salle.

Vue vers le jardin

D'autre part les fenêtres plus basses offrent la possibilité de regarder à travers. Le paysage prend une place importante dans le projet et la question de la relation entre l'intérieure et l'extérieur du projet a été essentielle.

Une pédagogie qui inclut la nature

« Il (le paysage) devient alors partie de l'expérience pédagogique. Ainsi, le bâtiment et l'extérieur interagissent beaucoup. Et les fonctions sont placées en fonction de l'endroit où le dialogue entre l'intérieur et l'extérieur peut fonctionner. C'est donc un élément clé du projet. » [10]

Comme l'architecte l'a expliqué, l'École Internationale entourée par un paysage remarquable, bénéficiait de son emplacement en ayant des classes qui se déroulaient dans la forêt. Pour répondre à cette usage, toutes les salles de classes comprennent des accès

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 46

directs vers le jardin.

Ventilation naturelle

Il était important de trouver le point d'équilibre entre la ventilation naturelle et la perte de chaleur afin d'éviter les gaspillages d'énergie. D'autre part, il était important pour le confort des usagers d'avoir la possibilité d'ouvrir les fenêtres quand ils le sentent important.

« Si on a un lieu de travail ou quelque chose du genre dans la pièce, c'est une question de confort personnel d'ouvrir une fenêtre. C'est généralement un bon principe que les fenêtres s'ouvrent encore. » [11]

Pour répondre à cette question, quelques fenêtres supplémentaires avec des allèges plus basses sont ouvrables, tandis que les plus hautes fenêtres sont fixes. L'architecte a expliqué que l'ouverture des fenêtres n'est pas vraiment essentielle pour la ventilation des salles de classes, mais plutôt pour le confort des usagers. Pour la ventilation naturelle, il est important d'avoir des entrées d'air, mais ceux-ci peuvent être des panneaux de façade fermés.

La ventilation traversante n'est pas possible dans aucune salle de classe. Même si des ouvertures zénithales ont été placés dans d'autres pièces du bâtiment afin d'avoir une sortie pour les fumés au cas d'incendie, les architectes et ingénieures ont jugé que la ventilation traversante n'était pas essentielle pour les salles de classe.

Optimisation de la performance énergétique

Les salles de classe ont été un des éléments du programme qui nécessitait un haut facteur de lumière de jour. En les plaçant au Nord, il a été possible de les percer largement pour les éclairer suffisamment malgré leur profondeur important. En employant cette stratégie, il a été également possible d'avoir des grandes surfaces vitrées, sans avoir des risques de surchauffe.
Par ailleurs, les surfaces vitrées à l'Est nécessitaient des protections solaires. Les brises soleil descendent automatiquement quand la température de la salle de classe augmente. Néanmoins, les usagers peuvent encore décider de les monter et descendre quand ils veulent.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT

[9 - 11] *Voir Entretien avec M. Weyer, traduit par l'auteur*

2.5. Synthèse

2.5.1. Autour de la fenêtre

Cité Éducative Nelson Mandela

La Cité Éducative Nelson Mandela, est un projet assez complexe. Les particularités du site et du programme résultent à une école qui doit traiter plusieurs sujets tels que les vis-à-vis et l'ensoleillement. Les réponses des architectes à ces sujets arrivent souvent à travers le traitement des fenêtres ; leur taille, positionnement et ouverture. De manière consciente, les architectes ont appliqué plusieurs stratégies afin de créer un bâtiment économe en énergie avec des protections solaires et des portes à faux, tout en respectant aussi l'environnement intérieur. Ils ont mis beaucoup d'accent sur la lumière naturelle qui est essentielle et une attention particulière a été portée aux vues des enfants.

École Maternelle « La Ruche »

La décision des architectes d'organiser le bâtiment en linéaire au Sud de la parcelle a été une stratégie qui méritait être défendue par les architectes. Cette disposition a résolu les problèmes de vis-à-vis et elle a permis de créer des grands percements pour la lumière naturelle et les vues. Les grandes surfaces vitrées ne posent pas des problèmes de surchauffe grâce à leur orientation au Nord et il était donc possible de percer généreusement la façade. En conséquence, l'ambiance de la salle de classe est très chaleureuse grâce à la lumière diffuse et les vues vers la végétation.

Maison de l'Enfance

Le bâtiment, devait répondre aux exigences énergétiques du label Effinergie+. Ainsi, les architectes ont dû travailler avec les questions de l'orientation et d'ouvertures depuis le début du projet afin d'être capable d'atteindre les objectifs du label. Les architectes ont voulu séparer les salles d'activités des dortoirs, et les organiser les unes faces aux autres. En plaçant les salles d'activités à l'Est, à côté des cours, les architectes ont facilité l'accès à l'extérieur et ils ont favorisé des vues vers les espaces vertes. Cet aménagement a également traité la question des vis-à-vis avec les espaces publics tout en amenant la lumière naturelle dans les salles d'activité le matin et dans les dortoirs l'après-midi.

Hjertet i Ikast

Même si les salles de classes sont largement percées au Nord, elles ne risquent pas de surchauffes grâce à leur orientation. À l'Est, la façade est moins percée, avec des fenêtres carrées de différentes tailles et de différentes allèges afin de trouver un équilibre entre la lumière et la vue, comme on l'a vu pour la Cité Éducative Nelson Mandela. L'ouverture des surfaces vitrées est assez limitée, et la ventilation naturelle traversante n'était pas une des priorités des architectes. En revanche, ils ont plutôt reposé sur la ventilation mécanique. Les vis-à-vis avec l'espace public sont évités grâce au taille de la parcelle qui a permis au projet de s'éloigner de la voirie publique et ainsi des vus des passants.

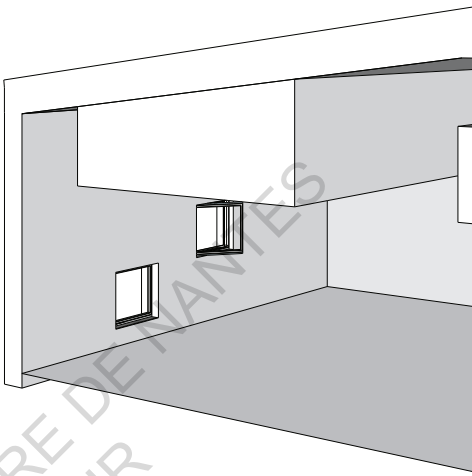
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

2.5.2. Autres contraintes

Lors des entretiens avec les architectes, il était clair que d'autres réglementations que la durabilité du bâtiment, étaient également prises en compte lors de la conception de l'école. Entre autres, la question de la sécurité a été soulevée plusieurs fois. Ils existent des règlementations de sécurité relatives à l'évitement des accidents, et les architectes ont expliqué qu'elles affectaient également les fenêtres. Elles peuvent toucher la façon dont les fenêtres s'ouvrent et leurs dimensions. Cela, influence également l'ambiance de la salle de classe. En outre, il existe des réglementations relatives à la sécurité au cas d'incendie et l'évacuation des étudiants. Celles-ci peuvent avoir un impact sur la forme de l'architecture et la fenêtre. Notamment, l'École maternelle « La Ruche » accueille 130 enfants et il a donc fait partie de la 4ème catégorie des Établissements Recevant du Public (EPR). L'architecte a donc caractérisé la construction de l'école « contraignante ». Tous les architectes ont également parlé des contraintes de vis-à-vis. Ces problèmes ont conduit le dessin des fenêtres, leur type, orientation et taille.

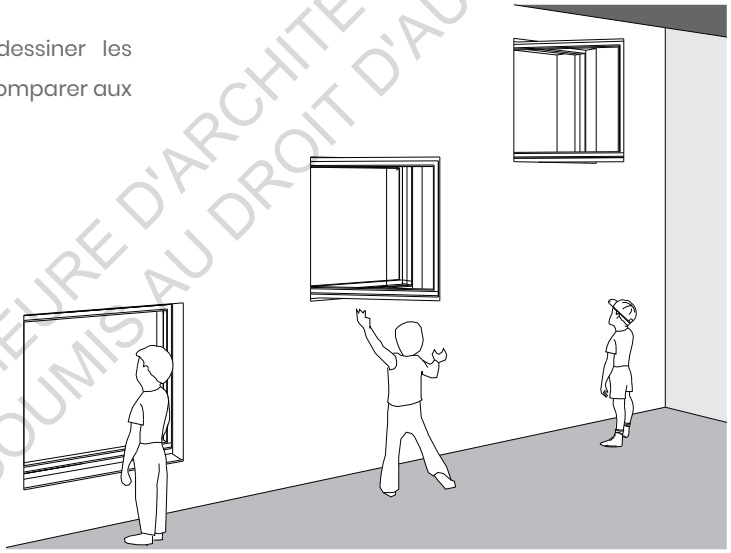
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3. Étude comparative des salles de classe par des indicateurs



Les quatre thématiques usage, lumière, ventilation et thermique, lient la question de la fenêtre à l'ambiance de la salle de classe et à la qualité de son environnement intérieur. Pour chaque école, toutes les salles de classe sont donc étudiées séparément pour comprendre en détail les différentes ambiances qui y sont générées.

Pour commencer, nous avons décidé de redessiner les fenêtres des salles de classe afin de pouvoir les comparer aux postures des enfants.



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

École Maternelle de la Cité Éducative Nelson Mandela

Même si les six salles de classe de la Cité Éducative sont disposées de manière similaire, quand on regarde en détail, on se rend compte qu'elles sont toutes différentes.
Les quatre premières salles de classe se trouvent au Nord de la cour de récréation. La façade Nord qui donne sur le mail planté et sur un passage piéton public, est percée avec des fenêtres de 45*45 cm (Figure 47.2). D'autre part, la façade Sud qui donne sur la cour de récréation est plus ouverte avec des murs rideau et des petits canons de lumière. Les trois premières salles de classe disposent de cinq fenêtres carrés au Nord, une ouverture haute au Sud (comme on peut la voir sur la Figure 47.1) et une fenêtre en second jour. D'ailleurs, en face de la première et la troisième salle de classe un mur rideau est installé (Figure 47.3) pendant que dans la deuxième salle de classe il y a un mur opaque

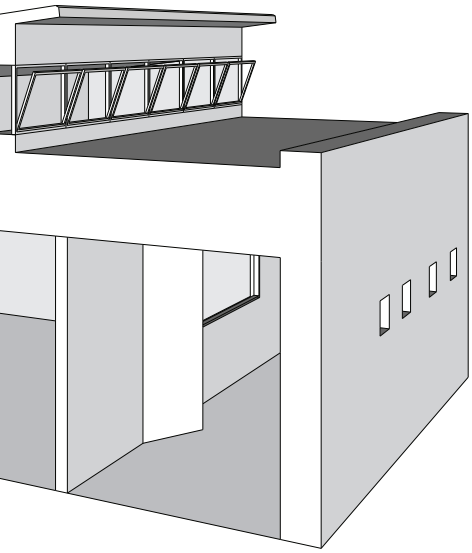
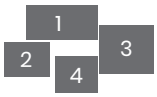
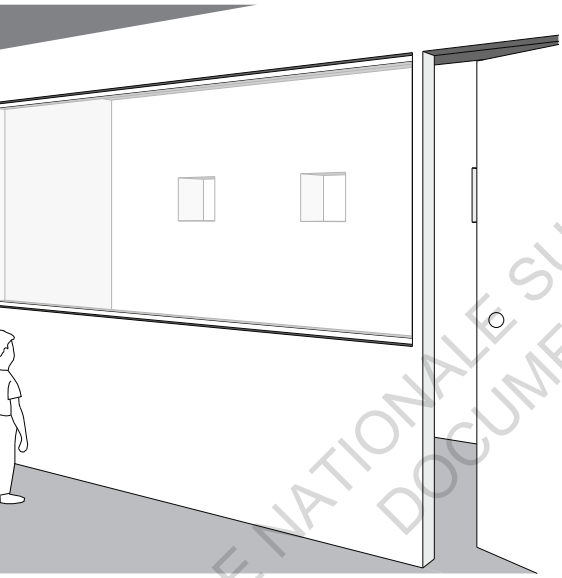
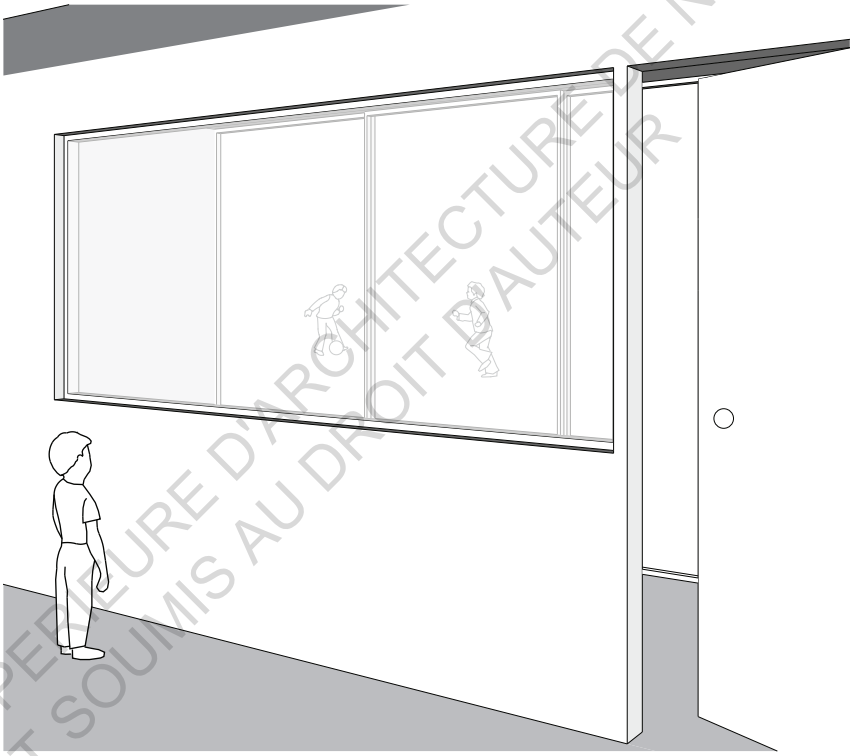


Figure 47



1 - Salle de classe 2
2 - Fenêtres 45*45
3 - Fenêtre second jour / baie vitrée
4 - Fenêtre second jour / mur opaque



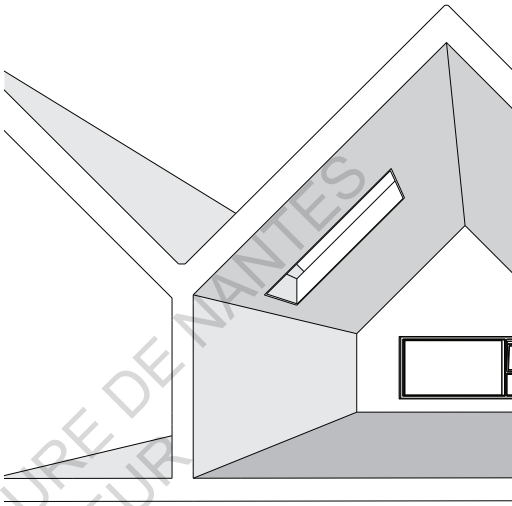


ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

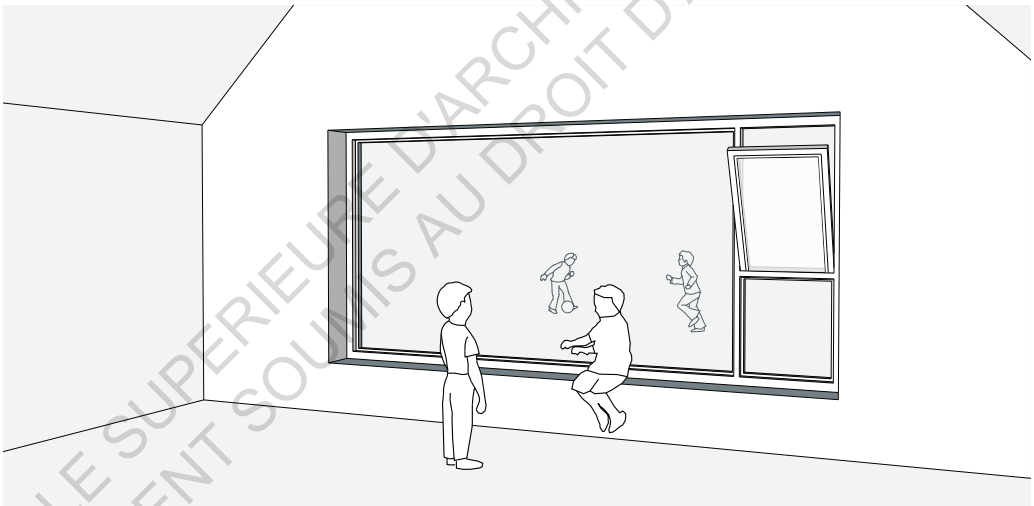
(Figure 47.4). La quatrième salle ne dispose que de quatre fenêtres carrés au Nord, la même haute ouverture au Sud mais l'ouverture en second jour est remplacée par une grande baie vitrée au Sud.

De l'autre côté de la cour de récréation, les deux salles de petite section donnent au Sud sur la voie publique et au Nord à la cour de récréation. Au Sud, les mêmes fenêtres carrées de 45*45 cm sont placées. La cinquième salle de classe dispose de six fenêtres au Sud, la haute ouverture toujours au Sud et une grande baie vitrée au Nord.. La dernière salle de classe possède également six petites fenêtres et une ouverture haute au Sud, et une surface vitrée en second jour avec une baie vitrée en face d'elle (Figure 47.3).

École Maternelle « La Ruche »



Les trois salles de classe pour les enfants en maternelle sont disposées pareillement, et donc seulement une d'entre elles sera étudiée. Elles disposent d'une grande ouverture au Nord-Est, et une grande ouverture zénithale (Figure 48.1). La grande ouverture au Nord-Est, est composée par trois surfaces vitrées de 2.8*1.8m et 0.7*0.6m et un ouvrant de 0.65*1m (Figure 48.2).



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

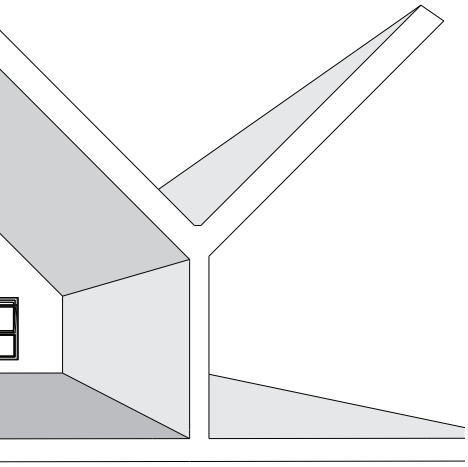
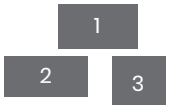
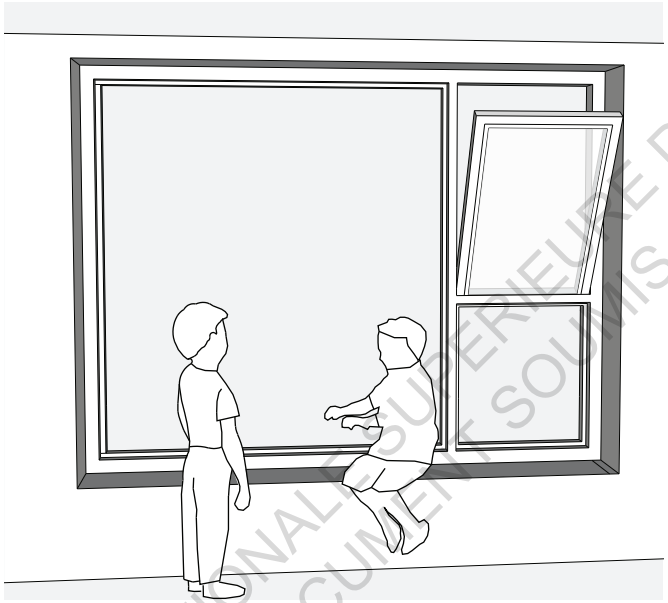


Figure 48



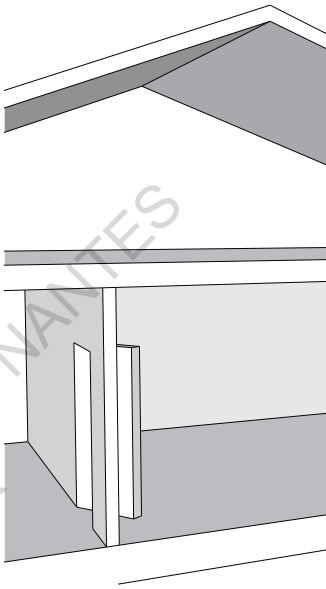
1 - Salle de classe 1
2 - Fenêtre Nord
3 - Fenêtre Ouest



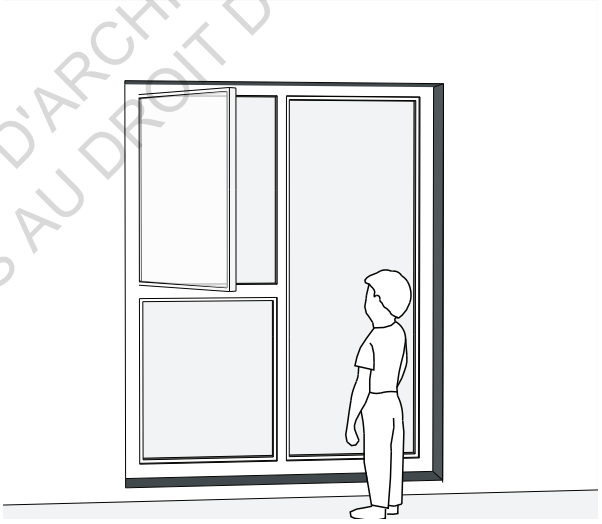
ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

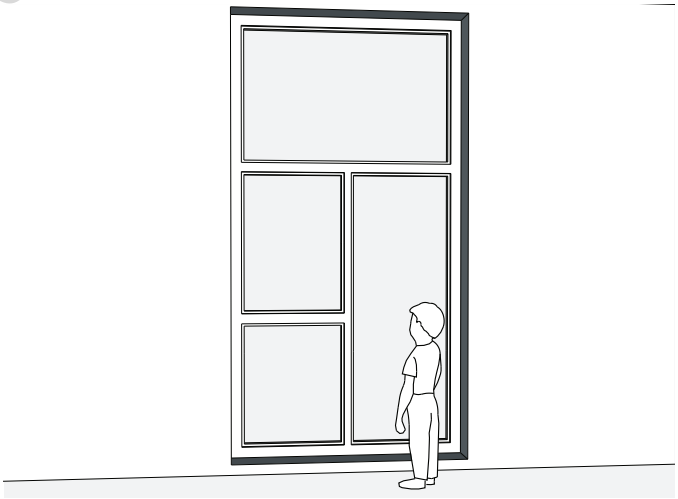
La deuxième salle comprenne la même surface vitrée au Nord et le même ouvrant zénithale. En plus, une troisième surface vitrée est ajoutée à l'Ouest de la salle de classe, composée par deux surfaces vitrées fixes de 16*1.7 et 0.7*0.6 et un ouvrant de 0.65*1m (Figure 48.3). Il faut noter que les ouvertures à l'Ouest disposent d'une protection solaire grâce au préau couvert.

Maison de l'enfance



La Maison de l'Enfance comprenne cinq salles d'activités. Ces cinq salles de classe sont percées de manière similaire par quatre motifs qui se répètent (voir Figures 49.2-49.5).
Deux grandes salles sont placées au milieu du bâtiment, orientées à l'Est et elles sont organisées de manière similaire et elles disposent les mêmes ouvertures ; une ouverture zénithale, un motif a et un motif b (Figure 49.1). On étudiera ces deux salles de classe ensemble.





ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

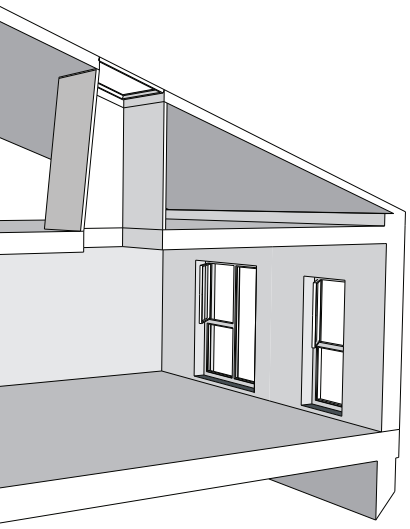
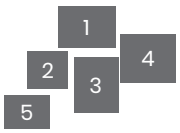
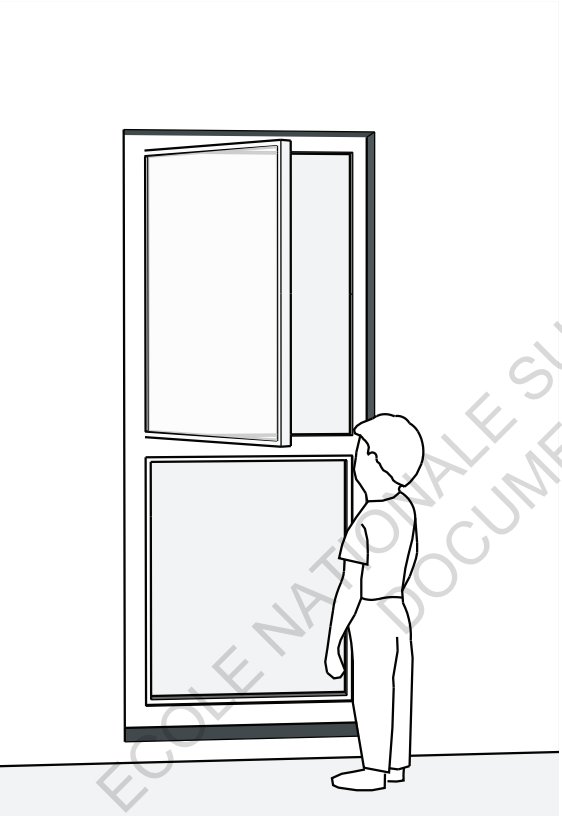
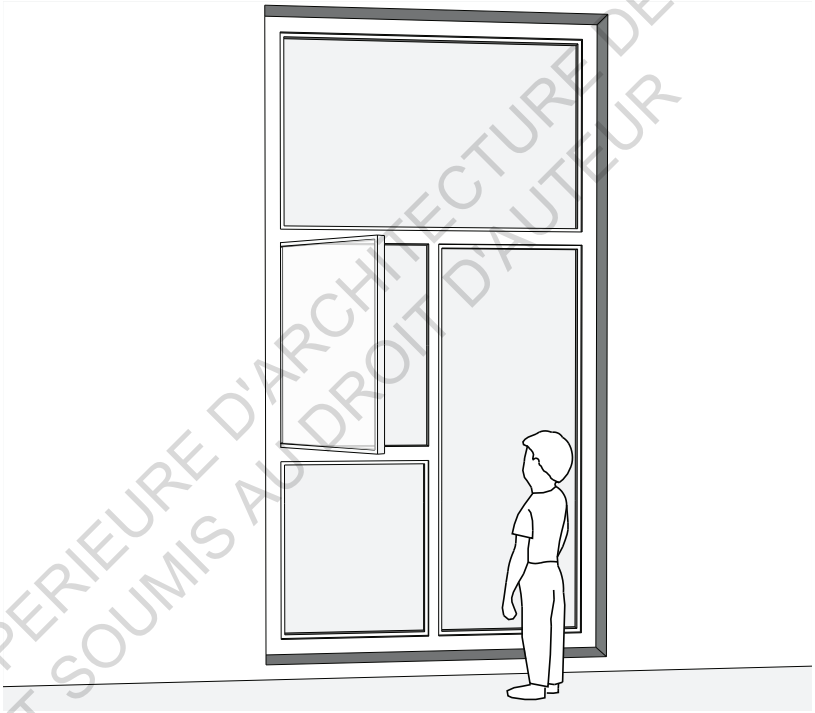


Figure 49



1 - Salle de classe 1
2 - Motif a
3 - Motif b
4 - Motif c
5 - Motif d

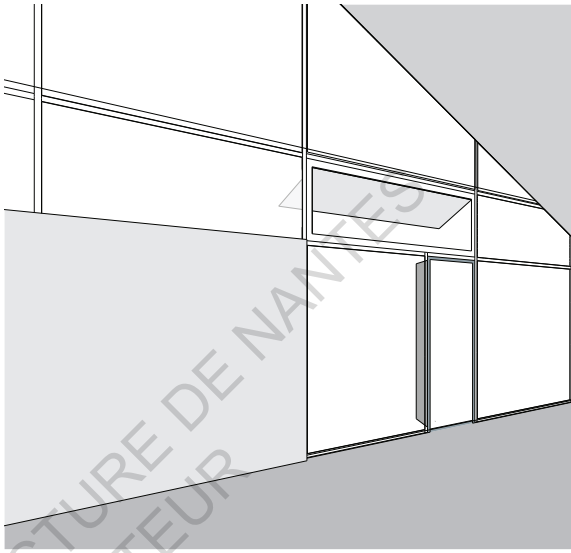




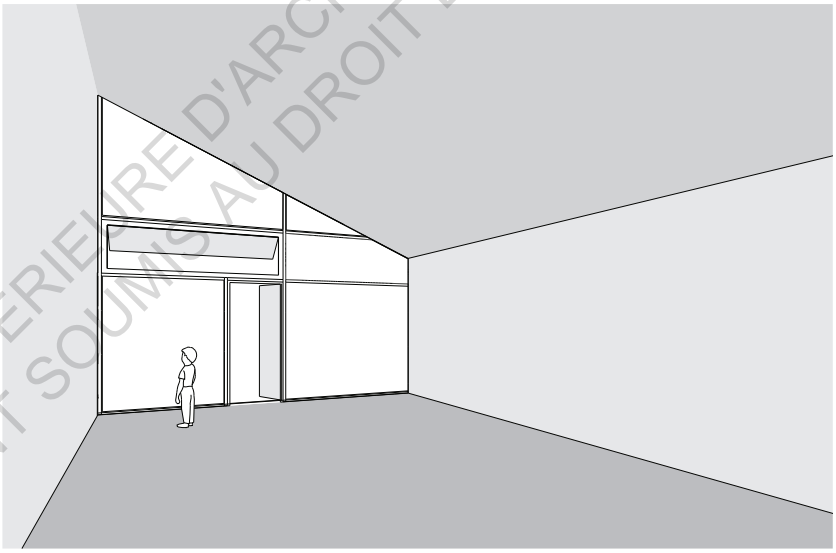
ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Dans la partie Nord du bâtiment on retrouve les trois autres salles d'activités. Chacune de ces trois est différente ; la première orientée Nord-Est,comprend un motif c au Nord et un motif d à l'Est. La deuxième orientée Sud-Est comprend un motif d à l'Est et un motif c au Sud. La dernière (salle de classe 4) orienté Sud comprend deux motifs c.

Hjertet i Ikast



Ce bâtiment ne fonctionne pas tout le temps comme bâtiment scolaire. Par conséquent, il n'existe pas des salles de classe traditionnelles. Au Nord-Ouest du bâtiment on retrouve une aile qui abrite deux salles de classe et une salle d'art. Il n'y a pas un type de salle de classe ; elles sont toutes complétement différentes ; l'une est orientée au Nord (Figure 50.2), l'autre au Nord-Est (Figure 50.1) et la dernière à l'Est (Figure 50.3). Leur



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

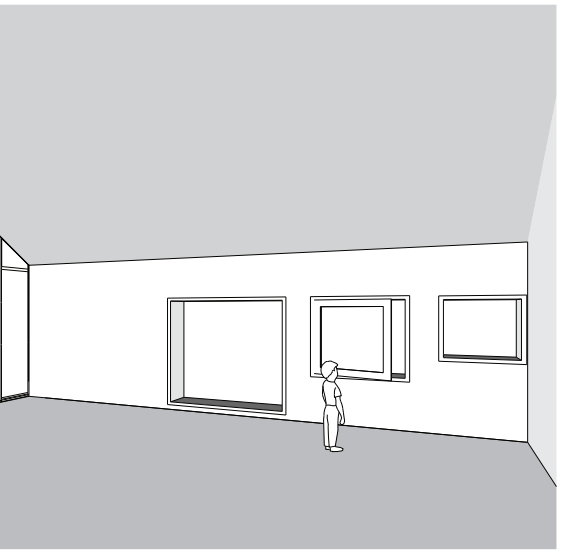
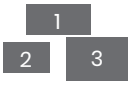


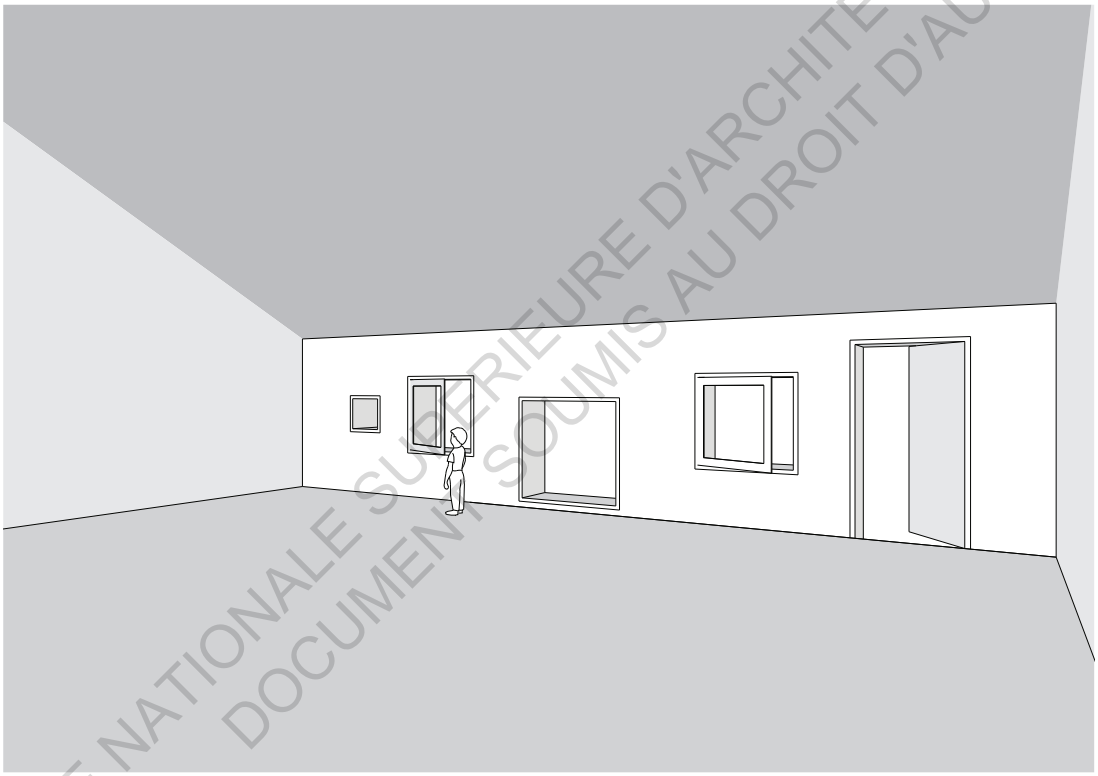
Figure 50



1 - Salle de classe Nord-Est

2 - Salle de classe Nord

3 - Salle de classe Est



ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ouverture vers l'extérieur est également très diverse ; la salle orientée au Nord (Salle de classe 1 - Figure 50.2) contient une façade totalement vitrée. L'autre salle de classe orientée à l'Est (Salle de classe 3 - Figure 50.3), dispose des fenêtres carrées de différentes tailles et une porte pour avoir accès au jardin. La salle d'art orientée Nord-Est (Salle de classe 2 - Figure 50.1), est totalement vitrée au Nord et dispose des mêmes fenêtres que la salle à l'Est.

	1.1.1.1 Rue		1.1.1.2 Bâtiments		1.1.1.3 Végétation		1.1.1.4 Ciel		Surface Vitrée avec vue	Surface Vitrée Totale	Surface Habitable	Ratio
Cité éducative SDC1					4.8	47%	5.4	53%	10.2	10.2	59.8	17%
Cité éducative SDC2					2.4	33%	4.8	67%	7.2	10.2	59.8	12%
Cité éducative SDC3					4.8	47%	5.4	53%	10.2	10.2	59.8	17%
Cité éducative SDC4			7.5	35%	9.3	43%	4.8	22%	21.6	21.6	72	30%
Cité éducative SDC5	2.4	11%	15	66%			5.4	24%	22.8	22.8	67.5	34%
Cité éducative SDC6	2.4	22%			3	28%	5.4	50%	10.8	10.8	62.8	17%
"La Ruche" SDC1					5.7	66%	3	34%	8.7	8.7	56	16%
"La Ruche" SDC2			5.06	37%	5.7	41%	3	22%	13.76	13.76	62	22%
Maison de l'Enfance SDA1					4.7	82%	1	18%	5.7	5.7	62	9%
Maison de l'Enfance SDA2			5.3	51%	5.1	49%			10.4	10.4	35	30%
Maison de l'Enfance SDA3			7.85	75%	2.55	25%			10.4	10.4	32	33%
Maison de l'Enfance SDA4			5.1	50%	5.1	50%			10.2	10.2	47	22%
Heart in Ikast SDC1	0.63	4%			11.29	68%	4.60	28%	16.52	20.9	63	26%
Heart in Ikast SDC2	0.67	2%			18.08	46%	20.18	52%	38.93	47.4	87.7	44%
Heart in Ikast SDC3					5.95	88%	0.8	12%	6.75	6.75	40	17%

3.1.1.1. Tableau 1

3.1 Usage

3.1.1 Vue

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Dans ce paramètre, nous examinerons la quantité et la qualité des vues vers l'extérieur. Pour le faire, trois indicateurs ont été définis; la vue des enfants assis sur une chaise au milieu de la classe (3.1.1.1), la vue des enfants debout devant la fenêtre (3.1.1.2) et la vue des enfants debout au milieu de la classe (3.1.1.3). Aujourd'hui, la pédagogie est très libre, permettant aux enfants de se déplacer librement dans la classe.

Pour qualifier les points de vue des ouvertures, quatre catégories ont été mises en place; vues sur la route, les bâtiments, la végétation et le ciel. Les mètres carrés de vue pour chaque catégorie et son pourcentage seront calculés. Les vues donnant vers des rues et des bâtiments peuvent résulter à un sentiment de manque d'intimité et peuvent causer un sentiment d'être observé. D'autre part, les vues donnant au ciel et à la végétation peuvent améliorer la créativité et la sensibilisation des enfants (White, 2004).

3.1.1.1. La vue quand assis au milieu de la salle de classe

Pour ce paramètre, chaque fenêtre de chaque classe était étudiée pour examiner si elle offre ou non une vue lorsque les enfants sont assis au milieu de la classe.

La Cité Éducative Nelson Mandela comporte six classes différentes. Dans les quatre premières salles de classe, au Nord, ils y existent des fenêtres carrées avec trois hauteurs d'allège différentes. Quand un enfant est assis au milieu de la salle de classe, il peut regarder le ciel à travers les fenêtres le plus hautes (Figure 51) et la végétation du mail planté à travers les fenêtres basses et moyennes (Figure 52 et 53). Il faut par contre préciser que, quand il y a des passants qui se baladent à côté du mail planté, les enfants ont un vis-à-vis avec eux à travers les fenêtres basses. Les fenêtres carrées au Sud, donnent une vue au ciel quand elles sont placées en haut, et les fenêtres moyennes et basses donnent une vue à la rue. De même que les fenêtres carrées au Nord, quand il y a des passants le long de la rue de la Fauconnerie, les enfants ont un vis-à-vis avec eux. Par contre, ce qui est intéressant est le fait que au Sud le niveau de sol à l'extérieur est plus haut que celui de la salle de classe, tandis que au Nord, le niveau de sol à l'extérieur est plus bas. Par conséquent, les enfants n'ont pas in vis-à-vis avec les passants à travers les fenêtres moyennes au Nord, mais ils y en ont au Sud (Figure 52).

Les fenêtres en second jour offrent une vue à la végétation de la cour de récréation quand il y a des baies vitrées en face de l'ouverture (Figure 54). En conséquence, la surface vitrée en second jour de la salle de classe 2, n'offre pas des vues. La moitié de la baie vitrée de la salle de classe 4 offre une vue à la végétation et l'autre moitié au local du stockage (Figure 55). Toute la surface de la baie vitrée de la salle de classe 5 donne sur ce local (Figure 56). Concernant les fenêtres hautes au Sud, dans les salles de classe situées au Nord de la cour, la disposition de la salle est organisée de manière à offrir une vue aux enfants quand ils se trouvent dans la partie principale de la pièce. D'autre part, pour les salles de classe au Sud de la cour, les enfants ne peuvent pas regarder le ciel à travers ces fenêtres, sauf s'ils se mettent au bout de la classe en face de la fenêtre.

Figure 51 - Cité éducative - Petites fenêtres hautes Sud et Nord

Figure 52 - Cité éducative - Petites fenêtres moyennes Sud et Nord

Figure 53 - Cité éducative - Petites fenêtres basses Sud et Nord

Figure 54 - Cité éducative - Fenêtre en second jour Salle de classe 1 et 3

Figure 55 - Cité éducative - Baie vitrée salle de classe 4

Figure 56 - Cité éducative - Baie vitrée salle de classe 5

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

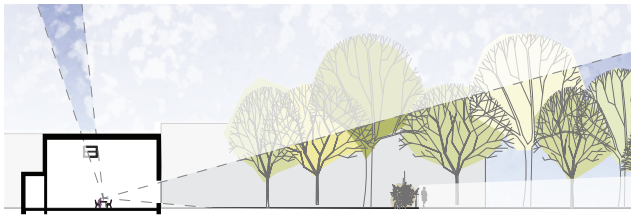


Figure 57 - La Ruche - Fenêtres Nord et Ouverture Zénithale

Quand un enfant est assis au milieu de la salle de classe, les grandes surfaces vitrées au Nord de l'École Maternelle « La Ruche », offrent une vue vers la végétation de la cour de récréation (Figure 57). Les ouvertures zénithales offrent des vues vers le ciel. Ceux deux types d'ouverture existent dans toutes les deux types de salle de classe. La surface vitrée à l'Ouest, et la porte vitrée de la salle de classe 2 offrent une vue à l'école mitoyenne.

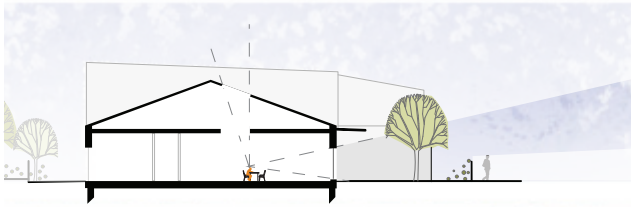


Figure 58 - Maison de l'enfance - Salle de classe 1 surface vitrée Est et Zénithale

Figure 59 - Maison de l'enfance - Salles de classe 2 ouverture Nord et Salle de classe 3 et 4 ouverture Sud

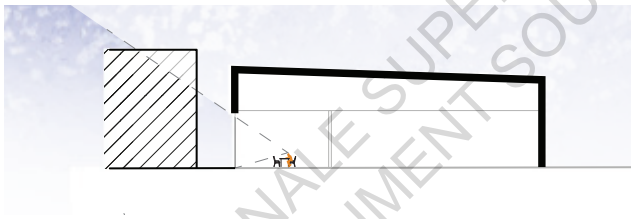


Figure 60 - Maison de l'enfance - Salles de classe 2 et 3 ouverture Est

Les enfants assis dans la première salle d'activité de la Maison de l'Enfance, ont une vue vers la végétation de la cour de récréation et à la limite séparative qui est traitée avec des végétaux. Les enfants de cette salle d'activité ont également une vue vers le ciel grâce à l'ouverture zénithale (Figure 58).

Concernant la deuxième salle d'activité, même si une de ses façades est orientée Nord, vers la rue, elle n'a pas de vis-à-vis avec la voirie publique. Grâce aux végétaux et à la différence de la hauteur du sol entre la voirie publique et la cour de récréation, le vis-à-vis est évité (Figure 59).

La façade Sud de la troisième et quatrième salle de classe, a un vis-à-vis avec un mur de l'école. La moitié de la vue à travers la fenêtre placée sur cette façade donne au mur de l'école et l'autre moitié aux arbres de la cour de récréation (Figure 59).

La façade Est des salles de classe 2 et 3, a un vis-à-vis très proche avec une construction mitoyenne. Par conséquent, les fenêtres de ce mur donnent une vue 100% sur le mur de cette construction (Figure 60).

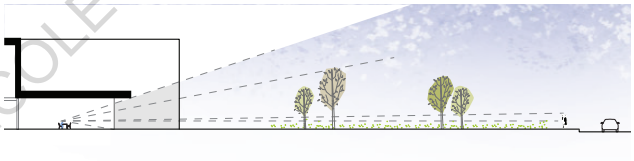


Figure 61 - Hjertet i Ikast - Salle de classe 1 et 2 Fenêtres au Nord

Les deux premières salles de classe du bâtiment Hjertet i Ikast placées au côté Nord-Est du bâtiment, se trouvent en face de la rue, mais il y existe 50 mètres entre la salle de classe et la rue. Grâce à la façade Nord complétement vitrée, les enfants ont une vue généreuse vers l'extérieur quand ils sont assis (Figure 61). La façade Est du bâtiment, est percée de manière plus contrôlée et dispose de fenêtres carrés avec des différentes tailles et hauteurs d'allège. Ces fenêtres, donnent une vue au jardin et au terrain de sport et certaines donnent une vue vers le ciel aussi.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

	1.1.1.1 Rue		1.1.1.2 Bâtiments		1.1.1.3 Végétation		1.1.1.4 Ciel		Surface Vitrée avec vue	Surface Vitrée Totale	Surface Habitable	Ratio
Cité éducative SDC1					1.2	80%	0.3	20%	1.5	10.2	59.8	3%
Cité éducative SDC2					0.6	40%	0.9	60%	1.5	10.2	59.8	3%
Cité éducative SDC3					1.2	80%	0.3	20%	1.5	10.2	59.8	3%
Cité éducative SDC4			4.5	52%	2.1	24%	2.1	24%	8.7	21.6	72	12%
Cité éducative SDC5	1.2	13%	4.5	48%			3.6	39%	9.3	22.8	67.5	14%
Cité éducative SDC6	1.2	67%					0.6	33%	1.8	10.8	62.8	3%
"La Ruche" SDC1					3.99	46%	4.71	54%	8.7	8.7	56	16%
"La Ruche" SDC2			3.95	31%	3.99	32%	4.71	37%	12.65	13.76	62	20%
Maison de l'Enfance SDA1					2.35	70%	1	30%	3.35	5.7	62	5%
Maison de l'Enfance SDA2			2.23	37%	2.04	34%	1.77	29%	6.03	10.4	35	17%
Maison de l'Enfance SDA3			3.654	57%	0.714	11%	2.023	32%	6.39	10.4	32	20%
Maison de l'Enfance SDA4			2.856	44%	1.428	22%	2.244	34%	6.53	10.2	47	14%
Heart in Ikast SDC1	0.42	8%			3.64	67%	1.40	26%	5.46	20.9	63	9%
Heart in Ikast SDC2	0.03	0%			11.27	55%	9.26	45%	20.6	47.4	87.7	23%
Heart in Ikast SDC3					2.125	41%	3.025	59%	5.15	6.75	40	13%

3.1.1.2. Tableau 2

3.1.1.2 La vue quand debout à côté de la fenêtre

Ce qui change lorsque les enfants sont près des fenêtres, c'est qu'ils ne peuvent pas regarder à travers les fenêtres avec un point d'appui haut. Cet indicateur est intéressant parce qu'on peut imaginer que quand les enfants se trouvent à côté de la fenêtre, ils cherchent des vues à l'extérieur.

Dans les salles de classe de la Cité Éducative Nelson Mandela, les vues changent beaucoup par rapport à la vue des enfants au milieu de la salle de classe. Concernant les fenêtres situées le long du chemin piéton au Nord, les fenêtres hautes n'offrent pas des vues parce qu'elles sont situées trop haut. La moitié de la surface des fenêtres moyennes donne une vue au ciel tandis que le reste de la surface ne laisse pas le regarde passer à cause de la hauteur de l'allège et à cause de l'épaisseur du mur. Les fenêtres basses donnent une vue à la végétation du mail planté, mais encore une fois, quand il y a des passants qui se promènent le long du chemin, ils ont un vis-à-vis et une proximité avec les enfants (Figure 62). Au Sud, les fenêtres basses donnent une vue à la rue, la moitié des surfaces des fenêtres moyennes donnent une vue au ciel et l'autre moitié de ces fenêtres et les fenêtres hautes n'offrent pas des vues. Quand les enfants cherchent une vue vers la cour de récréation et ils se rapprochent à l'ouverture en second jour, il est impossible de regarder à travers les ouvertures à cause de la hauteur de l'allège et à cause du débord de la toiture qui empêche la vue vers le ciel (Figure 63). Concernant les grandes baies vitrées de la salle de classe 4 et 5, seulement la moitié de leur surface offre la possibilité d'une vue. Un 10% de la surface vitrée de la salle de classe 4, donne au ciel, un autre 10% à la nature et dernièrement, un 30% au local de stockage (Figure 64). Pour la surface vitrée de la salle de classe 5, le 20% donne au ciel et le 30% au local de stockage (Figure 65).

Les trois premières salles de classe étudiées de l'École Maternelle « La Ruche » (Salle de classe 1), comportent une

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 62 - Cité éducative - Petites fenêtres basses Sud et Nord

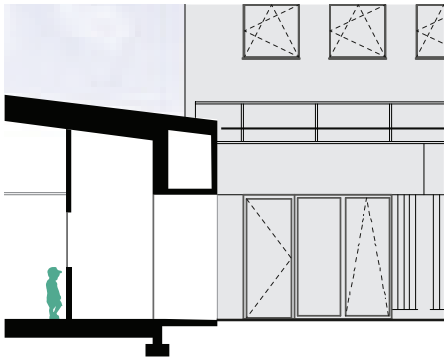


Figure 63 - Cité éducative -
Second jour Salles de classe 1,3 et 6

Figure 64 Cité éducative - Baie Vitrée salle de classe 4

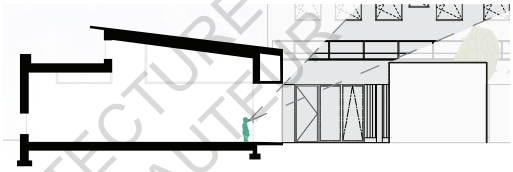


Figure 65 - Cité éducative - Baie Vitrée salle de classe 5

Figure 66 : La Ruche - Fenêtres au Nord et Ouvertures Zénithales

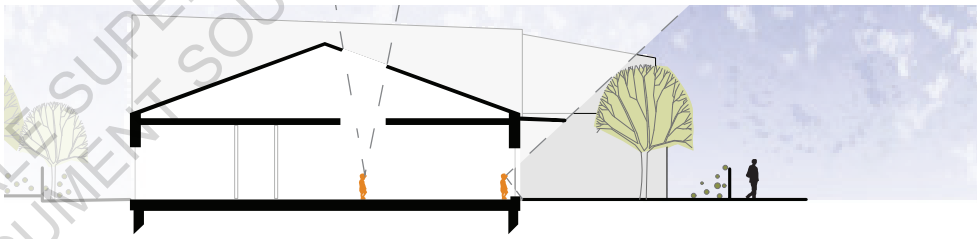


Figure 67 : Maison de l'enfance - Salle de classe 1 Fenêtres Est et Ouverture Zénithale

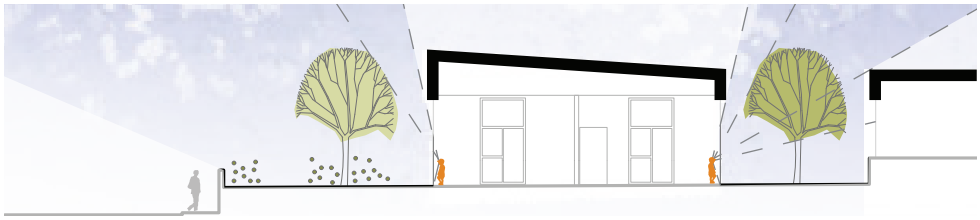


Figure 68 : Maison de l'enfance - Salle de classe 2 Fenêtres Nord et Salle de classe 3 et 4 et Fenêtres Sud

Figure 69 : Hjertet i Ikast - Salle de classe 1 et 2 Fenêtres Nord

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS A DROIT D'AUTEUR

grande surface vitrée au Nord. Quand l'enfant se rapproche de la fenêtre, le 30% de la surface donne une vue vers le ciel et le reste donne une vue à la végétation qui entoure l'école (Figure 66). De plus, l'enfant peut chercher une vue directe vers le ciel en se mettant en dessous de l'ouverture zénithale. Dans la deuxième salle de classe, le même principe est valable pour la grande surface vitrée au Nord et l'ouverture zénithale, mais la surface vitrée à l'Ouest donne une vue vers l'école existante mitoyenne.

Quand un enfant cherche des vues en se rapprochant à la fenêtre dans la première salle de classe de la Maison de l'Enfance, il a une vue 100% vers les végétaux. La protection solaire de la fenêtre ne permet pas une vue vers le ciel (Figure 67). De l'autre part, quand l'enfant cherche une vue vers le ciel, il peut regarder à travers l'ouverture zénithale.

Dans la deuxième salle de classe, quand l'enfant se trouve à côté de la fenêtre au Nord, il a une vue vers le ciel et vers les végétaux de la cour (Figure 68). De l'autre côté, dans la salle de classe 3 et 4, l'enfant a une vue vers le bâtiment, les végétaux et le ciel (Figure 68). Concernant la façade Est qui se trouve à proximité de la construction mitoyenne, quand l'enfant se rapproche à ces fenêtres il peut avoir une vue vers le ciel.

Quand l'enfant se rapproche à la baie vitrée au Nord des salles de classe 1 et 2 de l'école danoise Hjertet i Ikast, les surfaces vitrées qui permettent une vue à l'extérieur diminuent, mais les pourcentages de vue vers le ciel, la végétation et la rue restent les mêmes (Figure 69). Dans la troisième salle de classe, quand un enfant se rapproche à la fenêtre le pourcentage de vue vers le ciel augment.

3.1.1.3 La vue quand debout au milieu de la salle de classe

Il a été remarqué que dans toutes les salles de classe, les vues à travers les fenêtres étaient les mêmes quand les enfants sont assises au milieu de la pièce et quand ils sont debout au milieu de la même pièce. La disposition et la taille des fenêtres répondent aux deux questions de la même manière.

3.1.1.4 Surfaces vitrées mattes

On remarque qu'il n'y existe pas des surfaces vitrées qui sont traitées de manière à empêcher les vues des passants à l'intérieur

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

	Oui/Non	Linéaire (m)	Surface Habitable	Ratio
Cité éducative SDC1	Non	0	59.8	0
Cité éducative SDC2	Non	0	59.8	0
Cité éducative SDC3	Non	0	59.8	0
Cité éducative SDC4	Non	0	72	0
Cité éducative SDC5	Non	0	67.5	0
Cité éducative SDC6	Non	0	62.8	0
"La Ruche" SDC1	Non	0	56	0
"La Ruche" SDC2	Oui	5.8	62	9%
Maison de l'Enfance SDA1	Oui	6.6	62	11%
Maison de l'Enfance SDA2	Oui	6.6	35	19%
Maison de l'Enfance SDA3	Oui	13.2	32	41%
Maison de l'Enfance SDA4	Oui	6.6	47	14%
Heart in Ikast SDC1	Oui	6.6	63	10%
Heart in Ikast SDC2	Oui	6.4	87.7	7%
Heart in Ikast SDC3	Oui	6.4	40	16%

3.1.2. Tableau 3

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3.1.2 L'accès à l'extérieur

Parmi les salles de classe étudiées de la Cité Éducative, aucune n'offre un accès direct à l'extérieur. L'École Maternelle « La Ruche », dispose d'un accès au jardin seulement de la salle classe 2. L'accès à l'extérieur est possible depuis toutes les salles de classe de la Maison de l'Enfance. Toutes les salles de classe du Hjertet i Ikast ont un accès direct vers le jardin aussi.

	Oui/Non
Cité éducative SDC1	Non
Cité éducative SDC2	Non
Cité éducative SDC3	Non
Cité éducative SDC4	Non
Cité éducative SDC5	Non
Cité éducative SDC6	Non
"La Ruche" SDC1	Oui
"La Ruche" SDC2	Oui
Maison de l'Enfance SDA1	Non
Maison de l'Enfance SDA2	Non
Maison de l'Enfance SDA3	Non
Maison de l'Enfance SDA4	Non
Heart in Ikast SDC1	Non
Heart in Ikast SDC2	Oui
Heart in Ikast SDC3	Oui

3.1.3. Tableau 4

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3.1.3 La fenêtre comme siège

Parmi les écoles étudiées, seulement deux offrent la possibilité de s'asseoir sur l'allège des fenêtres. La première est l'École maternelle « La Ruche ». Le point d'appui des grandes fenêtres est quarante centimètres. En outre, quelques-unes des fenêtres carrées de la surface Est du Hjertet i Ikast offrent également la possibilité de s'asseoir.

	Surface Vitrée	Surface vitrée au nord	Surface habitable	Ratio
Cité éducative SDC1	10.2	6	59.8	10%
Cité éducative SDC2	10.2	3	59.8	5%
Cité éducative SDC3	10.2	6	59.8	10%
Cité éducative SDC4	21.6	2.4	72	3%
Cité éducative SDC5	22.8	15	67.5	22%
Cité éducative SDC6	10.8	3	62.8	5%
"La Ruche" SDC1	8.7	5.7	56	10%
"La Ruche" SDC2	13.76	10.76	62	17%
Maison de l'Enfance SDA1	5.7	0	62	0%
Maison de l'Enfance SDA2	10.4	5.1	35	15%
Maison de l'Enfance SDA3	10.4	0	32	0%
Maison de l'Enfance SDA4	10.2	0	47	0%
Heart in Ikast SDC1	20.9	20.9	63	33%
Heart in Ikast SDC2	47.4	41.4	87.7	47%
Heart in Ikast SDC3	6.75	0	40	0%

3.2.1. Tableau 5

3.2. Lumière

3.2.1 Lumière diffuse du Nord

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

La lumière qui pénètre dans un espace par le Nord est plus douce et plus diffuse. Au cours de la journée, il y a des changements très subtils dans les niveaux de lumière. Par conséquent, l'éblouissement qui est créé lorsqu'il y a des zones sont trop lumineuses dans un espace, sont évités.

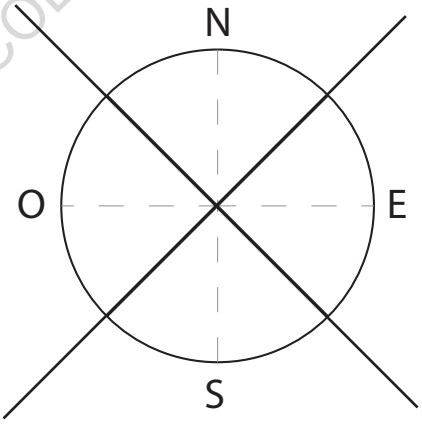
Il est important de mentionner que, comme les bâtiments ne sont pas orientés parfaitement en parallèle avec l'axe Nord, il fallait définir le champs d'orientation comme on peut le voir sur la page suivante.

Dans la salle de classe 1 et la salle de classe 3 de la Cité Éducative, les cinq ouvertures au Nord et l'ouverture en second jour amènent de la lumière diffuse. Par contre, la salle de classe 2, ne reçoit pas de la lumière à travers l'ouverture en second jour à cause du mur opaque en face d'elle mais elle reçoit de la lumière diffuse à travers les cinq fenêtres situées sur la façade Nord. La salle de classe 4 reçoit de la lumière diffuse seulement à travers les quatre petites fenêtres au Nord. La salle de classe 5, reçoit de la lumière diffuse à travers la grande baie vitrée au Nord, tandis que la salle de classe 6 reçoit de la lumière diffuse par l'ouverture en second jour au Nord.

Toutes les salles de classe de l'École Maternelle « La Ruche

» disposent d'une grande ouverture au Nord, qui amène beaucoup de lumière diffuse dans la salle de classe. En outre, la grande ouverture et la porte à l'Ouest de la salle de classe 2, sont protégés par un préau couvert. Ainsi, elles aussi amènent de la lumière diffuse dans la salle de classe. Seulement la salle de classe 2 de la Maison de l'Enfance dispose des surfaces au Nord et reçoit de la lumière diffuse. Les ouvertures de la façade Est, des salles de classe 2 et 3, reçoivent également de la lumière diffuse parce qu'elles sont masquées par une construction à proximité. Il est important de noter que même si les surfaces vitrées de la salle de classe 1 sont orientées à l'Est, il est possible que par les végétaux et la protection solaire, il y a plus de lumière diffuse que de lumière directe que rentre à la salle de classe. Les trois salles de classe du Hjertet i Ikast sont placées au côté Nord-Est du bâtiment. Les deux premières salles de classe disposent des grandes ouvertures au Nord. On peut donc imaginer que la plupart de la lumière amenée par ces ouvertures sera diffuse. Il faut noter le fait qu'en été, dans les pays Nordiques, le soleil se lève très tôt le matin. Pendant l'été ces ouvertures amènent donc également de la lumière directe, mais puisque les enfants sont en vacances pendant cette période nous ne la prenons pas en compte. Notamment, la salle de classe 2 de l'école possède le ratio le plus important entre la surface vitrée amenant de la lumière diffuse et la surface habitable.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



Définition du champs d'orientation

	Surface Vitrée	Surface vitrée avec ensoleillement naturelle	Surface habitable	Ratio
Cité éducative SDC1	10.2	4.2	59.8	7%
Cité éducative SDC2	10.2	4.2	59.8	7%
Cité éducative SDC3	10.2	4.2	59.8	7%
Cité éducative SDC4	21.6	19.2	72	27%
Cité éducative SDC5	22.8	7.8	67.5	12%
Cité éducative SDC6	10.8	7.8	62.8	12%
"La Ruche" SDC1	8.7	3	56	5%
"La Ruche" SDC2	13.76	3	62	5%
Maison de l'Enfance SDA1	5.7	5.7	62	9%
Maison de l'Enfance SDA2	10.4	0	35	0
Maison de l'Enfance SDA3	10.4	5.1	32	16%
Maison de l'Enfance SDA4	10.2	10.2	47	22%
Heart in Ikast SDC1	20.9	0	63	0
Heart in Ikast SDC2	47.4	6	87.7	7%
Heart in Ikast SDC3	6.75	6.75	40	17%

3.2.2. Tableau 6

3.2.2 Ensoleillement directe

Les surfaces mesurées pour cet indicateur sont celles qui reçoivent de la lumière directe du soleil en un point de la journée. La lumière directe du soleil améliore la luminosité globale des intérieurs, avec des zones spécifiques de lumière concentrée.

Les surfaces vitrées hautes des salles de classe 1,2 et 3 de la Cité Éducative sont les seules dans ces salles qui offrent de la lumière directe. Il faut quand même mentionner le fait que la hauteur des ouvertures est assez petite, et par conséquent ces trois salles de classe reçoivent rarement de la lumière directe. La salle de classe 4 est la salle de classe avec le plus grand ratio entre la surface vitrée qui amène de la lumière naturelle direct et la surface habitable entre toutes les classes étudiées. Concernant les deux dernières salles de classe, les fenêtres carrées et les ouvertures zénithales amènent de la lumière directe dans la pièce.

Seulement les ouvertures zénithales dans l'École Maternelle « La Ruche » amènent de la lumière naturelle directe dans les salles de classe.

Dans la Maison de l'Enfance, la seule salle de classe qui ne reçoit jamais de la lumière directe est la salle de classe 2. Dans les autres salles de classe, même si les dispositifs tels que les constructions mitoyennes et les débords de toiture font que les fenêtres sont assez protégées du soleil, il est quand même possible d'avoir de la lumière directe à un point de la journée. Seule l'ouverture zénithale dans la salle de classe 1 amène de la lumière directe toute la journée.

Les ouvertures à l'Est de la salle de classe 2 et 3 du projet Hjertet i Ikast amènent de la lumière directe dans les pièces.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

	Facteur de lumière du Jour (%)
Cité éducative SDC1	Inconnu
Cité éducative SDC2	Inconnu
Cité éducative SDC3	1.99
Cité éducative SDC4	Inconnu
Cité éducative SDC5	Inconnu
Cité éducative SDC6	Inconnu
"La Ruche" SDC1	4.12
"La Ruche" SDC2	4.96
Maison de l'Enfance SDA1	2.2
Maison de l'Enfance SDA2	7.8
Maison de l'Enfance SDA3	7.8
Maison de l'Enfance SDA4	1.6
Heart in Ikast SDC1	2
Heart in Ikast SDC2	2
Heart in Ikast SDC3	2

3.2.3. Tableau 7

3.2.3 Besoins d'éclairage artificiel

« Sous les conditions de ciel couvert, les valeurs du facteur de lumière du jour sont indépendantes de l'orientation des baies vitrées, de la saison et de l'heure. Elles donnent ainsi une mesure objective et facilement comparable de la qualité de l'éclairement à l'intérieur d'un bâtiment. (...) Cependant, le FLJ ne permet pas de voir immédiatement si les niveaux d'éclairement recommandés pour une tâche visuelle sont atteints. Ceci étant, une fois qu'on connaît le facteur de lumière du jour en un point d'un local, on peut calculer l'éclairement atteint en ce point, à n'importe quel moment de l'année » (Annexe 02)

Pour la Cité Éducative, les ingénieurs ont seulement décidé de calculer le FLJ dans une salle de classe qu'ils ont jugé critique. Le FLJ de la salle de classe est 1.99%. On peut supposer que si la salle de classe 3 est conforme aux exigences de FLJ, le reste des salles doivent l'être aussi, à l'exception peut-être de la salle de classe 1, qui se trouve en face d'un mur opaque au Sud et n'est pas éclaircie naturellement de ce côté.

Les deux salles de classe de l'École Maternelle « La Ruche » disposent d'un FLJ de 4.12% et 4.96% respectivement.

Dans les calculs du FLJ pour la première salle de classe de la Maison de l'Enfance, la salle de classe a été séparée en deux parties. La salle de classe est organisée de manière à ce que les rangements se trouvent à l'arrière de la pièce et par conséquent il n'est pas nécessaire que cet espace répond aux exigences d'ensoleillement. Grâce à la forme et la taille des salles de classe 2 et 3, elles disposent des FLJ les plus hauts de toutes les salles de classe étudiées. D'autre part, la longueur de la salle de classe 4 et le fait qu'elle est éclairé par une seule façade, fait qu'elle a le FLJ le plus bas de toutes les salles de classe étudiées.

Le FLJ des salles de classe de l'école Hjertet i Ikast, ne sont pas données un par un, mais il est noté que toutes les salles de classe possèdent un FLJ de 2%.

ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

	Surface Vitrée	Surface habitable	Surface vitrée fixe	Ratio	Surface vitrée ouvrable	Ratio
Cité éducative SDC1	10.2	59.8	4.2	7%	6	10%
Cité éducative SDC2	10.2	59.8	3.6	6%	6.6	11%
Cité éducative SDC3	10.2	59.8	4.2	7%	6	10%
Cité éducative SDC4	21.6	72	8.1	11%	13.5	19%
Cité éducative SDC5	22.8	67.5	8.7	13%	14.1	21%
Cité éducative SDC6	10.8	62.8	4.2	7%	6.6	11%
"La Ruche" SDC1	8.7	56	5.2	9%	3.5	6%
"La Ruche" SDC2	13.76	62	8.4	14%	5.36	9%
Maison de l'Enfance SDA1	5.7	62	3.3	5%	2.4	4%
Maison de l'Enfance SDA2	10.4	35	9.7	28%	0.7	2%
Maison de l'Enfance SDA3	10.4	32	9.7	30%	0.7	2%
Maison de l'Enfance SDA4	10.2	47	8.8	19%	1.4	3%
Heart in Ikast SDC1	20.9	63	17.3	27%	3.6	6%
Heart in Ikast SDC2	47.4	87.7	42.8	49%	4.6	5%
Heart in Ikast SDC3	6.75	40	2.75	7%	4	10%

3.3.1. Tableau 8

3.3. Ventilation

3.3.1 Surfaces vitrées fixes / ouvrables

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Une ventilation adéquate est essentielle pour une salle de classe saine, afin d'éviter des absentéismes à cause des maladies, mais aussi pour améliorer la concentration et la performance des élèves (Publications Office of the European Union, 2014). Dans cet indicateur, nous examinerons si une ventilation naturelle est possible dans les salles de classe. Ainsi, les mètres carrés des fenêtres ouvrantes et des façades vitrées fixes ont été comptés. Ensuite, le rapport entre ces deux et la surface habitable a été calculé.

Pour les salles de classe de la Cité Éducative, les fenêtres carrées moyennes et hautes situées le long des façades extérieures sont ouvrables. Par contre, il est impossible d'ouvrir les fenêtres carrées basses. En outre, les surfaces vitrées en second jour sont fixes de même que la moitié des baies vitrées de la salle de classe 4 et 5. Les salles de classe 1,2,3 et 6 possèdent un ratio entre surface vitrée ouvrable et surface habitable entre 10 et 11%. Les salles de classe 4 et 5 montent à 19% et 21% respectivement.

Les ratios entre les surfaces vitrées fixes et la surface habitable sont entre 6-7% pour les salles de classe 1,2,3 et 6, 11% pour la salle de classe 4 et 13% pour la salle de classe 5.

Dans la première salle de classe de l'École Maternelle « La

Ruche », seule une partie de la surface vitrée au Nord est ouvrable de même que l'ouverture zénithale. Cette surface vitrée ouvrable compose le 6% de la surface habitable de la salle de classe. Concernant la deuxième salle de classe, les mêmes surfaces sont ouvrables, de même qu'une deuxième partie de la deuxième grande surface vitrée. La deuxième salle de classe possède un ratio de 9% entre surface vitrée ouvrable et surface habitable. Concernant le ratio entre les surfaces vitrées fixes et la surface habitable des salles de classe, le pourcentage de la première salle de classe est 9%, et 14% pour la deuxième.

En général, toutes les salles de classe de la Maison de l'Enfance, disposent des plus petits ratios entre la surface vitrée ouvrable et la surface habitable. Ce qui est surprenant est le fait que les salles de classe 2 et 3 disposent des grands ratios entre surface vitrée et surface habitable (30%), mais seulement le 2% de la surface vitrée est ouvrable. Même si ces deux salles de classe possèdent des surfaces vitrées à l'Est aussi elles sont toutes fixes. Dans la salle de classe 1, l'ouverture zénithale et deux parties de la surface vitrée sont ouvrables et dans la salle de classe 4 deux parties de la surface vitrée sont également ouvrables.

Dans la première salle de classe du Hjertet i Ikast, deux ouvrants d'une surface de 3.6m² permettent l'air extérieur de rentrer dans la salle de classe. Dans la deuxième salle de classe, la même surface au Nord est ouvrable ainsi que deux autres fenêtres à l'Est. Une surface vitrée de 4m² est également ouvrable dans la troisième salle de classe.

3.3.2 Pourcentage des fenêtres ouvrables manuellement

Toutes les fenêtres étudiées sont ouvrables manuellement.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

	Oui/Non
Cité éducative SDC1	Oui
Cité éducative SDC2	Oui
Cité éducative SDC3	Oui
Cité éducative SDC4	Oui
Cité éducative SDC5	Oui
Cité éducative SDC6	Non
"La Ruche" SDC1	Oui
"La Ruche" SDC2	Oui
Maison de l'Enfance SDA1	Oui
Maison de l'Enfance SDA2	Non
Maison de l'Enfance SDA3	Non
Maison de l'Enfance SDA4	Non
Heart in Ikast SDC1	Non
Heart in Ikast SDC2	Oui
Heart in Ikast SDC3	Non

3.3.3. Tableau 9

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3.3.3 Ventilation traversante

La ventilation traversante est possible dans cinq sur six des salles de classe de la Cité Éducative. Concernant les quatre premières salles de classe ce type de ventilation est possible grâce aux fenêtres le long de la façade Nord et l'ouverture haute au Sud. En outre, grâce à la hauteur de l'allège de l'ouverture au Sud, l'effet de cheminée est également possible qui favorise l'évacuation de l'air chaud. Concernant la cinquième salle de classe, la ventilation traversante est possible grâce à la baie vitrée au nord. La sixième salle de classe ne permet pas ce type de ventilation parce que l'ouverture haute est placée au même côté que les fenêtres ouvrables.

La ventilation naturelle traversante est possible dans toutes les salles de classe de l'École Maternelle « La Ruche ». Dans la première salle de classe, ceci est possible grâce à l'ouverture zénithale, tandis que pour la deuxième, il est possible grâce, à la fois aux ouvertures sur deux différentes côtés de la classe ; au Nord et à l'Ouest et à la fois, à l'ouverture de la fenêtre zénithale.

La ventilation traversante est possible dans la première salle de classe de la Maison de l'Enfance grâce aux ouvertures à l'Est et à l'ouverture zénithale. Par contre les salles de classe 2, 3 et 4 ne disposent pas des ouvertures sur deux différentes orientations.

La deuxième salle de classe du « Hjertet i Ikast » est la seule salle de classe qui permet une ventilation traversante grâce à son emplacement au côté Nord-Est du bâtiment et par conséquent la possibilité d'être percé sur deux différents côtés de l'enveloppe.

	Surface Vitrée	Surface habitable	Surface vitrée avec protection solaire	Ratio
Cité éducative SDC1	10.2	59.8	3	5%
Cité éducative SDC2	10.2	59.8	3	5%
Cité éducative SDC3	10.2	59.8	3	5%
Cité éducative SDC4	21.6	72	17.4	24%
Cité éducative SDC5	22.8	67.5	3.6	5%
Cité éducative SDC6	10.8	62.8	3.6	6%
"La Ruche" SDC1	8.7	56	0	0%
"La Ruche" SDC2	13.76	62	5.06	8%
Maison de l'Enfance SDA1	5.7	62	4.7	8%
Maison de l'Enfance SDA2	10.4	35	5.3	15%
Maison de l'Enfance SDA3	10.4	32	5.3	17%
Maison de l'Enfance SDA4	10.2	47	5.1	11%
Heart in Ikast SDC1	20.9	63	20.9	33%
Heart in Ikast SDC2	47.4	87.7	47.4	54%
Heart in Ikast SDC3	6.75	40	6.75	17%

3.4.1. Tableau 10

3.4. Thermique

3.4.1 Protection solaire

Les salles de classe de la Cité Éducative ne possèdent pas de très grandes surfaces vitrées à l'exception de la grande baie vitrée de la salle de classe 4 et 5. Ces surfaces vitrées, sont protégées par un débord de toiture. En outre, toutes les fenêtres carrées le long des façades extérieures disposent des Brises Soleil Orientables manuels.

Dans la deuxième école, aucune surface vitrée n'est protégée du soleil.

La surface vitrée Est de la première salle de classe de la Maison de l'Enfance, est protégée par un brise soleil fixe horizontal. Concernant les salles de classe 2 et 3, les surfaces vitrées à l'Est peuvent être protégés par des Brises Soleil Orientables, mais elles sont quand même masquées par la construction mitoyenne. Par le même dispositif l'une des surfaces vitrées de la salle de classe 4 peut être également protégée.

Concernant le bâtiment Hjertet i Ikast, à l'Est toutes les surfaces vitrées du bâtiment sont protégées par des tissu translucides extérieurs. Au Nord, il y a un débord de toiture aussi.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

	Surface Vitrée	Surface habitable	Ratio
Cité éducative SDC1	10.2	59.8	17%
Cité éducative SDC2	10.2	59.8	17%
Cité éducative SDC3	10.2	59.8	17%
Cité éducative SDC4	21.6	72	30%
Cité éducative SDC5	22.8	67.5	34%
Cité éducative SDC6	10.8	62.8	17%
"La Ruche" SDC1	8.7	56	16%
"La Ruche" SDC2	13.76	62	22%
Maison de l'Enfance SDA1	5.7	62	9%
Maison de l'Enfance SDA2	10.4	35	30%
Maison de l'Enfance SDA3	10.4	32	33%
Maison de l'Enfance SDA4	10.2	47	22%
Heart in Ikast SDC1	20.9	63	33%
Heart in Ikast SDC2	47.4	87.7	54%
Heart in Ikast SDC3	6.75	40	17%

3.4.2. Tableau 11

ÉCOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

3.4.2 Ratio surface vitrée / Surface habitable

En termes simples, cet indicateur mesure la taille des fenêtres par rapport à la taille de la classe. Dans une étude menée à l'université d'Aalborg, il a été prouvé que le rapport entre la surface vitrée et la surface de plancher était l'un des indicateurs les plus puissants de l'efficacité des étudiants (Christoffersen, et al., 2016). L'indicateur est sûrement lié à la quantité de lumière qui pénètre dans une pièce. Néanmoins, il indique également à quel point l'enveloppe est déperditive.

Dans la Cité Éducative, les deux salles le plus déperditives, sont les salles de classe 4 et 5, avec les grandes baies vitrées, avec des ratios 30% et 34% respectivement. Le ratio de la première salle de classe de l'École Maternelle « La Ruche » est 16% et 22% pour la deuxième salle de classe. Les ratios des salles de classe de la Maison de l'Enfance sont par l'ordre 9%, 30%, 33% et 22%. Les salles de classe de la Hjertet i Ikast, possèdent les ratios suivants ; 33%, 54% et 17% respectivement.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

4. L'expérience de l'ambiance scolaire depuis l'intérieur

Afin de comprendre la véritable ambiance et la réalité des salles de classes, les usagers de ces espaces devaient être interviewés. Nous allons découvrir par ces entretiens les différentes ambiances dans les salles de classe, et par la suite nous allons pouvoir les comparer et les mettre en rapport avec les résultants du chapitre précédent.

4.1 Entretiens auprès des institutrices

Figure 70

Trois institutrices de l'école maternelle Nelson Mandela ont été questionnées sur la vie quotidienne dans les salles de classe et sur la qualité de leurs ambiances.
Pour rappeler, l'école maternelle de la Cité Éducative Nelson Mandela comporte six salles de classe. Deux de petite section, deux de moyenne et deux de grande. Nous avons pu contacter trois institutrices, deux qui encadrent la petite section dans les salles de classe 5 et 6, et une qui encadre la grande section dans la salle de classe 2. Après les entretiens nous avons découvert que les enfants de la moyenne section sont mêlés avec les autres sections. Ainsi, deux des institutrices, Madame Dolo et Madame Regereau encadrent des enfants de petite et moyenne section qui ont entre trois et quatre ans et la troisième institutrice, Madame Robert, encadre des enfants de la moyenne et grande section qui ont cinq à six ans.
La salle 6 de Madame Dolo se trouve au Sud de la cour de récréation, la salle 5 de Madame Regereau également au Sud de la cour de récréation, à l'extrémité de la forme U, et la salle 2 de Madame Robert au Nord (Figure 70). Chaque salle est différente tant en orientation, qu'en ouverture.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS A DROIT D'AUTEUR

4.1.1. Salle de classe 6

Figure 71

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

La première institutrice interviewée encadre la petite et moyenne section dans la sixième salle de classe qui se trouve au Sud de la cour de récréation. Sa salle de classe compte six petites fenêtres et une ouverture haute au Sud et une surface vitrée en second jour. Madame Dolo reçoit les enfants dans la classe à 9h. Ils restent dans la classe jusqu'à 9h50, puis de 11h05 à 12h00, de 14h45 à 15h30 et de 16h00 à 16h45 ; soit approximativement quatre heures par jour.

Dans la classe de Madame Dolo « les enfants sont bien sûr autorisés à se déplacer librement en fonction de leur activité ». Malgré la liberté qu'ils ont, elle explique que les enfants ne s'installent pas près des fenêtres. Seulement quand ils « entendent un bruit insolite », ils observent ce qui se passe en dehors.

La salle de classe de Madame Dolo se trouve le long de la rue de la Fauconnerie. Selon elle la vue à travers les fenêtres qui se trouvent à côté de la rue n'est pas attirante ;

« En tant qu'adulte la vue vers l'extérieur est limitée et pas très intéressante (friches et voie du tramway), la vue vers la cour est elle aussi limitée mais plus vivante. (Figure 71)». [12]

Madame Dolo parle également des vis-à-vis résultants des fenêtres placées le long de cette rue. Premièrement elle explique que les parents s'installent souvent près des fenêtres le soir quand ils viennent chercher leurs enfants pour observer ce qui se passe à l'intérieur de la classe (Figure 72). En outre, elle explique qu'à cause du manque de passages piétons, et parce que la rue de la Fauconnerie emmène au Camp des Perrins, il y a souvent un vis-à-vis avec les gens du voyage qui y sont installés.
Comme nous l'avons noté dans les chapitres précédents, les ouvertures des façades orientées vers les voies publiques, sont assez limitées afin d'éviter des vis-à-vis excessifs. Effectivement, Madame Dolo confirme ce que nous avons pu présupposer dans le chapitre précédent : « Étude comparative des salles de classe par des indicateurs » : la lumière naturelle de la classe n'est pas suffisante. Elle explique que la lumière artificielle est toujours allumée ;

« La classe est selon moi très sombre, les ouvertures trop petites et les fenêtres de toit ne réfléchissent pas assez la lumière ». [13]

Elle explique également qu'en hiver, le soleil étant plus bas, la lumière rasante est gênante. En effet, elle est obligée de fermer les volets roulants pour protéger sa salle de classe de cette lumière. Par conséquent, il y a encore moins de lumière naturelle.
Madame Dolo parle également des problèmes de ventilation dans la salle de classe. Les gaines de ventilation circulent à travers les salles de classe et arrivent au local technique. « Le double flux ne fonctionne qu'à minima dans cette pièce pour pouvoir fonctionner mieux dans les autres salles. » [14] . Elle explique que la ventilation mécanique n'est pas suffisante dans la classe et ils sont alors obligés de ventiler naturellement.

Comme Madame Robert, une autre institutrice de l'école l'a expliqué, il y a parfois des salles de classes qui sont surchauffées ou d'autres où il fait très froid, en fonction de leur emplacement par rapport au circuit d'aération. La salle de classe de Madame Dolo est par exemple souvent surchauffée. De ce fait, les fenêtres sont souvent ouvertes.

« Oui j'ouvre les fenêtres car la température moyenne est d'environ 23 à 25°C dans la classe en hiver en début de matinée quand tout est fermé comme préconisé. ». [15]

Elle révèle également le fait qu'en été, elle a besoin d'un ventilateur pour pouvoir enseigner.
La salle de classe de Madame Dolo compte six fenêtres sur la façade Sud ; deux bases fixes, deux moyennes ouvrables et deux hautes ouvrables. Elle comporte également des ouvertures hautes orientées Sud. Néanmoins, elle explique que seulement les deux fenêtres moyennes ouvrables placées sur la façade Sud sont facilement accessibles pour les ouvrir.

« Les fenêtres de toit ne sont pas accessibles et il n'y a que deux fenêtres qui s'ouvrent facilement. Il faut grimper sur une chaise pour ouvrir les 2 autres. ». [16]

L'institutrice se sert souvent des protections solaires. Les pare-soleils des fenêtres hautes au sud sont souvent utilisés en été, et en hiver, Madame Dolo les régule en fonction de la position du soleil. Concernant les BSO des fenêtres sur la façade sud, elle explique qu'ils sont trop fragiles et détériorés. Actuellement, quelques-uns des volets ne fonctionnent plus et l'entreprise étant actuellement en faillite, il est impossible d'avoir des pièces de rechange.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

[12 - 16] *Voir entretien avec Madame Dolo*

Figure 72

Figure 73

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT PROTEGE, MIS AU DROIT D'AUTEUR

4.1.2. Salle de classe 5

Madame Regereau qui enseigne dans la cinquième salle de classe, placée au sud de la cour de récréation à l'extrémité de l'école était également interviewée. Cette salle de classe compte six petites fenêtres sur la façade Sud, une ouverture haute orientée au Sud et une grande baie vitrée au Nord, donnant à la cour de récréation. Madame Regereau accueille les enfants à 8h35 et elle organise des ateliers dans la classe jusqu'à 10h45. À 14h45, les enfants reviennent pour un temps d'ateliers jusqu'à 15h45 et puis de 16h15 jusqu'à 16h45. En général elle passe trois heures et demi dans la salle de classe avec les enfants.

Le déplacement des enfants est « libre mais cadré ». Elle explique que les enfants s'installent des fois près des fenêtres « lorsqu'ils ont du chagrin et qu'ils cherchent à voir si leurs parents sont sur la rue ». La classe de Mme Regereau comporte une grande baie vitrée orientée vers la cour de récréation. En effet, elle a observé que les enfants s'installent souvent près de cette fenêtre afin d'observer les grands en récréation. Selon l'institutrice, la vue vers la cours est agréable « lorsqu'elle est vide » et elle estime que les petites fenêtres le long de la rue, les « hublots » comme elle les appelle, ne sont pas censées être placés pour offrir des vues.

Malgré la petite taille de ces fenêtres placées le long de la rue de la Fauconnerie, il y existe quand même des vis-à-vis avec les passants.

« La plupart du temps il ne me gêne pas. C'est plus compliqué en début d'année avec les parents de petits, inquiets, qui restent à observer la classe, la tête dans l'encadrement de la fenêtre. ». [17]

La lumière naturelle de la salle de classe n'est pas suffisante et Madame Regereau avoue que la lumière artificielle est allumée quasiment en permanence. Ce témoignage est intéressant car la salle de classe comporte une grande baie vitrée qui amène la lumière diffuse du nord. D'autre part, cette ouverture est protégée par un débord de toiture qui limite peut-être trop la lumière naturelle qui rentre dans la classe.

L'institutrice n'a pas témoigné de problème de ventilation. Contrairement à la salle de Madame Dolo, les fenêtres sont très rarement ouvertes. L'hiver, il fait froid dans la classe, et en été, elles sont peu ouvertes :

« Le matin, "à la fraîche", cela permet de rafraîchir l'ambiance rapidement en faisant courant d'air avec la baie vitrée et les hublots, et il n'y a pas de risque d'enfants qui sortent ». [18]

Madame Regereau n'a pas rencontré de problème de surchauffe dans sa salle de classe même si sa classe comporte un grand ratio entre la surface vitrée et la surface habitable. Concernant les protections solaires, comme Madame Dolo, elle signale des problèmes de mauvais fonctionnement des BSO et elle utilise souvent le store de la fenêtre haute.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

[17, 18] *Voir entretien avec Madame Regereau*

4.1.3. Salle de classe 2

Figure 74

Madame Robert enseigne la moyenne et grande section dans la deuxième salle de classe de l'école maternelle Nelson Mandela. Cette salle de classe comprend cinq petites fenêtres sur la façade nord, une ouverture haute au sud et une surface vitrée en second jour. Les enfants arrivent à 8h35 où ils ont un temps libre jusqu'à 9h. L'institutrice organise par la suite un « coin regroupement » où les enfants apprennent la date, la météo etc. À 9h30, elle organise quatre ateliers jusqu'à 10h15. À 10h45, après le passage à la cour de récréation, ils se retrouvent au coin regroupement pour trente minutes et puis, jusqu'à 12h00, quatre nouveaux ateliers sont organisés. Dans l'après-midi, de 16h00-16h45, quatre nouveaux ateliers sont organisés, avec finalement un bilan sur la journée. Au total elle passe environ quatre heures dans la salle de classe avec les enfants.

Pendant les temps d'ateliers, les enfants sont libres de se déplacer dans la salle de classe. Néanmoins, les enfants que Mme Robert encadre ont entre cinq et six ans. Ainsi, ils sont censés pouvoir comprendre quand ils doivent rester assis

« Il y a des moments plus réglementés où ils ont moins cette liberté-là. Le matin dans le temps d'accueil et de jeux libres ils se déplacent comme ils veulent. (...) Après par contre quand on est dans un temps de rituel, chez les moyens-grands on attend qu'ils soient capables de rester un peu assis, de participer et d'être concentrés. Et donc là ils (ne) peuvent pas se déplacer librement, sauf s'ils ont besoin d'aller chercher un mouchoir ».
(...)
- Et du coup, est-ce qu'ils aiment s'installer près des fenêtres ? Pour voir en dehors... ?
- Bah disons que (rires). Le problème c'est que les fenêtres sont hautes. (...) Mais sinon il y a cette fenêtre là mais ils sont peu. Et puis les autres fenêtres sont hautes donc en fait ils (ne) voient pas grande chose à travers. (...) Les fenêtres, en plus, ne sont pas trop grandes et du coup on a pas vraiment une vue de quelque chose. On voit juste des arbres, un peu le parking là-bas... » [19]

Madame Robert explique que le seul moment dans la journée où les enfants regardent dehors est quand ils se retrouvent au coin regroupement.

« Ils arrivent à voir parce qu'ils sont un peu plus éloignés, ils voient par exemple quand on fait la météo, où ils vont regarder le ciel, s'il y a du soleil ou pas... ». [20]

Même si les fenêtres sont hautes, le fait que le coin regroupement est organisé loin de la façade percée, permet aux enfants d'avoir une vue dehors.

Le vis-à-vis de cette salle de classe diffère de deux autres déjà présentées. Au contraire des salles de classe précédentes, Madame Robert n'a pas de problème avec des parents qui observent la classe. Le long de la façade percée au nord, un parc est aménagé (Figure 74). Ainsi, ce parc attire souvent des gens, et le vis-à-vis peut parfois gêner le temps de classe :

« Ça peut être même problématique, puisque les enfants des fois peuvent regarder s'il y a des gens qui restent un peu à ces endroits là, ça peut perturber un peu la classe parce qu'il y a des enfants qui peuvent être en train de regarder ce qui se passe en dehors. Et inversement aussi. On a aussi des fois, ç'a arrivé qu'on a soit des ados, soit des enfants, parce qu'on (n') a pas mal d'enfants du voyage qui sont ici, parce qu'il y a le terrain d'accueil des

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 75

Figure 76

Figure 77

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS A LA DROIT D'AUTEUR

gens du voyage juste à côté, des fois il y a des enfants qui sont pas scolarisés et qui voient qu'il y a quand même une classe ici, ça les amuse un peu de venir regarder. Ça peut être problématique. » [21]

Madame Robert a beaucoup parlé du vis-à-vis qui est causé par le Camp des Perrins qui accueille les gens du voyage.

« Les gens du voyage s'installaient en dehors du terrain, et en fait là il y a un passage piétonnier, et en fait un petit peu plus loin, au niveau des jardins, il y avait des espaces plus grands où les voitures ne peuvent pas passer. Mais du coup les gens du voyage s'installaient là, et en fait ils passaient par le parking, par là-bas, et ils roulaient en plein vitesse avec leur véhicule le long de l'école. Là déjà on les voyait passer donc les enfants réagissaient » [22]

Ce vis-à-vis existe seulement à travers la fenêtre basse, parce que les autres fenêtres sont trop hautes pour les enfants (Figure 75) . Le problème de vis-à-vis pourrait ainsi être résolu si les volets de cette fenêtre fermaient. Cependant, les brises soleil de la fenêtre basse sont cassés et ne peuvent plus être fermés. En outre, Madame Robert a expliqué que même si ce n'était pas le cas, les volets de toutes les fenêtres de chaque salle de classe sont liés, et ainsi, si nous souhaitons fermer les volets d'une fenêtre, il faut tout fermer.
L'entretien s'est passé la dernière semaine de juin, pendant la semaine de canicule. Pendant cette période quelques instructions étaient données aux institutrices afin de garder la fraîcheur et l'ombre à l'intérieur des salles de classe.
Premièrement, les instructions concernaient l'ouverture des fenêtres. En général, l'ouverture des fenêtres est rare dans la salle de classe de Madame Robert. La ventilation mécanique ne pose pas de problèmes comme dans quelques autres salles de classe. Pendant cette période de canicule, l'administration a donné des instructions contre l'ouverture des fenêtres, qui étaient encore plus strictes :

« En fait on nous demande, et là on nous l'a dit particulièrement pour la période de canicule, de ne pas ouvrir les fenêtres, parce qu'il y a un système d'aération qui est très sophistiqué etc. et qui peut être perturbé si on ouvre les fenêtres, ça risque de tout perturber. » [23]

Afin d'éviter la lumière directe et la chaleur, tous les volets des fenêtres devaient également être fermés. Comme les BSO de quelques fenêtres sont abimés, des tissus étaient mis en place devant les fenêtres pour protéger l'intérieur des pièces du soleil. Comme l'institutrice l'a expliqué, en dehors du temps de canicule, les volets sont pour la plupart du temps ouverts (Figure 76).
Généralement, Madame Robert n'aime pas fermer les volets, parce que cela limite encore plus la lumière naturelle qui rentre dans la salle de classe :

« Ça manque un peu de luminosité. C'est vrai que quand on (n') a pas la lumière allumée les jours où il (ne) fait pas très beau c'est vraiment très sombre (...) Même quand les fenêtres sont ouvertes et qu'il fait beau...on a souvent besoin de rajouter un peu de lumière quand même. ». [24]

La fenêtre haute orientée au sud n'amène pas non plus beaucoup de lumière à l'intérieur de la salle de classe. Le faux plafond des gaines de la ventilation mécanique est placé en face de cette ouverture et coupe toute la lumière directe qui pourrait entrer (Figure 77).
Pendant notre entretien, Madame Robert a souvent comparé sa salle de classe aux deux autres, situées aux bouts des couloirs, avec des baies vitrées.

« Moi je trouve que là la salle de classe elle (n') est pas... ce n'est pas une salle agréable en fait pour travailler dedans. Et je pense que le fait d'avoir fait des salles de classe différentes avec des grandes salles et puis celles-ci où on est un peu à l'étroit, bah c'est un peu dommage d'avoir une différence comme ça. » [25]

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

[19 - 25] *Voir entretien avec Madame Robert*

4.2 Synthèse

Même si les salles de classe sont très diverses, des problèmes similaires ont été remarqués par toutes les institutrices dans toutes les salles de classe.

4.2.1. L'usage des fenêtres

Premièrement, malgré la petite taille des fenêtres placées sur les façades composant la périphérie de l'école, des problèmes de vis-à-vis ont été rapportés par toutes les institutrices.
Les salles de classe au sud sont placées le long d'une rue. Quand les parents arrivent pour amener ou pour récupérer leurs enfants, ils garent leur voitures le long de cette rue. Par conséquent, des vis-à-vis avec les parents sont très fréquents. En outre, ces salles de classe accueillent des petits enfants. Ainsi, les parents sont encore plus inquiets et ils ressentent le besoin de se rapprocher des fenêtres pour regarder leurs enfants.
D'autre part, la salle de classe au nord est placée le long d'un chemin piéton, à côté d'un petit parc aménagé. Comme nous avons pu le découvrir par les entretiens avec les institutrices, le Camp des Perrins qui accueille les gens du voyage est situé à proximité de ce chemin piéton. Ainsi, sur ce côté, il y a un vis-à-vis avec les gens du voyage. Même si la situation s'est améliorée les deux derniers mois, Madame Robert a rapporté qu'il y a eu auparavant des problèmes graves.
En général, les trois institutrices ont raconté que les enfants n'ont pas une relation très étroite avec les fenêtres donnant à l'extérieur. Seulement à certains moments, ils peuvent s'en approcher pour voir si leurs parents sont arrivés au sud, ou s'il y a des gens installés dans le parc au nord.
Les vues existantes ne satisfont pas les institutrices, ni au nord, ni au sud. Elles trouvent qu'elles n'ont pas une qualité spécifique et qu'elles ne donnent pas « vraiment une vue sur quelque chose » [26] . Madame Regereau et Madame Dolo ont cependant mentionné que la vue vers la cour peut être agréable. En outre, les grandes baies vitrées, davantage que les petites fenêtres de la façade extérieure, peuvent attirer les enfants.

4.2.2. L'éclairement des classes

Les trois institutrices ont mentionné des problèmes d'éclairement dans les salles de classe. Même Madame Regereau, qui enseigne dans la salle de classe avec le plus grand ratio entre la surface vitrée et la surface habitable parmi les salles de classe françaises, explique que la lumière artificielle est toujours allumée. De plus, cette salle possède l'un des ratios les plus élevés entre sa surface vitrée au nord et la surface habitable. Au contraire, ce ratio pour les deux autres salles est très bas, mais les remarques sont les mêmes : la lumière naturelle n'est pas suffisante et la lumière artificielle est allumée en permanence.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

[26] *Voir entretien avec Madame Robert*

4.2.3. La ventilation des classes

Un sujet qui a eu des réponses variées est la ventilation des salles. En général Madame Regereau et Madame Robert n'ont pas de problème avec la ventilation mécanique et ouvrent rarement les fenêtres. Madame Regereau ouvre quand même les petites fenêtres et la baie vitrée le matin pour rafraîchir la salle de classe.
À l'opposite, Madame Dolo se plaint de la qualité de la ventilation mécanique. Elle explique qu'elle est obligée d'ouvrir les fenêtres pour aérer naturellement parce qu'il fait très chaud dans sa salle de classe. Néanmoins, la ventilation traversante n'est pas possible dans sa salle de classe, ce qui peut empirer la situation. En effet, pendant l'été, elle doit même utiliser un ventilateur.

4.2.4. La thermique des classes

En connexion directe avec la ventilation des classes, la thermique des salles ne gêne pas spécialement Madame Regereau et Madame Robert. Seule Madame Regereau rapporte que, en hiver, il peut faire un peu froid dans sa salle de classe. Madame Dolo, en revanche, explique qu'en hiver comme en été, il fait chaud dans sa salle de classe, et elle ouvre donc les fenêtres tout au long de l'année pour baisser la température.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

5. Discussion

Le projet imaginé par les architectes, l'espace qui est finalement construit et la réalité au quotidien des salles de classe diffèrent. À travers les trois derniers chapitres nous avons pu analyser ces trois questions. Cette dernière partie vise à révéler les concordances et les décalages existants entre la phase initiale de conception et la réalité du projet après sa livraison.`

5.1 Le projet imaginé et l'espace construit

Nous retrouvons souvent des dispositions similaires dans les salles de classe étudiées. Même si certains architectes ne l'ont pas mentionné, l'orientation et l'organisation des différents espaces fonctionnels jouent un grand rôle dans la stratégie du projet.

« Pour chaque projet nous devons retrouver le point d'équilibre précis, et dans ce cas, il s'agissait par exemple de regarder où nous plaçons les différentes fonctions. Donc par exemple nous avons placé les salles de classe de l'école plutôt au nord afin de pouvoir y avoir de relativement grandes ouvertures avec beaucoup de lumière, sans avoir trop de surchauffes ». [27]

Par exemple, à l'école maternelle « La Ruche » et au Hjertet i Ikast les salles de classe sont orientées vers le Nord. Ce faisant, il a été possible d'ouvrir les façades dans une large mesure, afin de laisser entrer beaucoup de lumière naturelle. Ainsi, ces grandes ouvertures orientées vers le Nord ne présentent pas de risques de surchauffe, et les fenêtres ne nécessitaient aucune protection contre le soleil.
De plus, dans ces deux projets et grâce aux grandes ouvertures, il était possible d'offrir des vues sur le ciel et la végétation. Les fenêtres de l'école maternelle « La Ruche » sont notamment les seules à offrir le même ratio entre la surface vitrée offrant une vue à l'extérieur et la surface habitable, lorsque les enfants sont assis au milieu de la classe et quand ils sont à côté de la fenêtre. L'orientation Nord des salles de classe des deux écoles, associée au fait que leur façade était éloignée de l'espace public grâce à l'espace vert, a permis de grandes ouvertures qui ne nécessitaient pas de dispositifs pour cacher les enfants des passants.
D'une autre manière, Y.Architectes ont également tiré profit de l'orientation des salles de classe dans le cadre de leur stratégie. À la Maison de l'Enfance, les salles de classe sont orientées vers l'Est, de manière à bénéficier de la lumière directe du soleil le matin et d'une lumière diffuse le reste de la journée. En outre, de même que les deux projets précédents, l'espace vert a servi pour tenir les passants à distance des fenêtres des salles de classe. Chaque section de la Maison de l'Enfance possède sa propre cour de récréation. Ces espaces extérieurs sont bien protégés de l'espace public grâce à la différence des niveaux entre les deux et grâce aux limites séparatives qui sont assez conséquents par leur hauteur. De ce fait, il a été possible de percer largement toutes les salles de classe vers l'extérieur et aussi de permettre aux enfants d'accéder directement à l'extérieur. En outre, les salles de classe 2,3 et 4 de l'école possèdent par conséquent un ratio haut entre la surface vitrée offrant des vues et entre la surface habitable. En

[27] *Voir entretien avec M. Weyer, Traduit par l'auteur*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

revanche, la première salle de classe de la Maison de l'Enfance offre un plus bas ratio que les autres salles de classe. Comme mentionné précédemment, l'arrière de cette classe est destiné au rangement et ainsi, la surface propre de la salle de classe est plus importante que les autres salles de classe du projet.

La Cité Éducative possède une disposition de salles de classe plus complexe. Elles sont organisées autour la cour de récréation et par conséquent, il y a à la fois des salles de classes orientées au Nord et au Sud. Cependant, les façades sont identiques au Nord comme au Sud : Celles-ci donnent en effet sur la voirie publique, ce qui a contraint les architectes à y limiter les percements. C'est la raison principale pour laquelle les salles de classe de l'école maternelle de la Cité Éducative possèdent les plus bas ratios entre la surface avec vue à l'extérieur et surface habitable, particulièrement quand les enfants sont à côté des fenêtres.

Évidemment, plus les fenêtres le long de la voirie publique sont grandes, moins elles protègent les enfants du vis-à-vis avec les passants. Pour cette raison, l'indicateur 1.4 des surfaces vitrées mates a été mis en place. Curieusement, aucune surface vitrée n'est traitée avec des surfaces vitrées mates. En revanche, dans le cas de la Cité Éducative, toutes les fenêtres le long de la voirie disposent des BSO. Nous pouvons donc supposer que les stores BSO pourraient être utilisés pour se protéger des vues des passants bien qu'ils pourraient limiter davantage le passage de la lumière naturelle que les surfaces vitrées mates.

La sécurité et l'intimité des enfants est ainsi un autre facteur qui affecte les ouvertures du projet. Dans l'ensemble des quatre projets, le degré d'ouverture ou de fermeture d'une façade dépend beaucoup des vis-à-vis. Si une façade se trouve le long d'une voirie publique, le degré d'ouverture de la façade est plus limité. Delphine Coriou a notamment mis l'accent sur cette question pour la Cité Éducative. Elle a expliqué que lorsqu'une école est conçue, le vis-à-vis doit être nécessairement évité. Effectivement, les fenêtres sur les façades extérieures de l'école sont très petites, et leurs hauteurs varient pour trouver un équilibre entre l'intimité des enfants et leur confort en ce qui concerne la vue.

Néanmoins la lumière naturelle qui rentre dans les salles de classe est dès lors très limitée. Pour cette raison, des ouvertures en second jour ont été ajoutées au niveau du mur entre les salles de classe et la circulation afin de récupérer de l'ensoleillement depuis la cour. Mais ces surfaces vitrées en second jour ne peuvent être efficaces qu'à une seule condition : il faut que la façade entre la circulation et la cour de récréation soit également vitrée. Ceci n'est pas le cas pour la deuxième salle de classe, pour laquelle la fenêtre en second jour fait face à un mur opaque, qui ne permet donc pas l'éclairement de l'intérieur de la salle de classe.

Les questions de sécurité et d'intimité des enfants sont aussi présentes lorsqu'on dessine les espaces de récréation. Par exemple, les salles de classe de l'École Maternelle « La Ruche » ne permettent pas un accès direct à l'espace extérieur. Il est possible que les salles de classe ne disposent pas d'ouverture permettant de passer directement de la salle de classe au jardin car elles accueillent de jeunes enfants plus difficiles à surveiller. D'autre part, dans la Maison de l'Enfance, grâce à la différence de niveau entre la voie publique et la cour de récréation, les enfants sont plus sécurisés et plus libres de sortir dans le jardin.

De même que l'École Maternelle « La Ruche », la Cité Éducative ne possède pas d'accès direct vers les espaces extérieurs. Comme l'a expliqué Madame Coriou, tous les enfants de trois à cinq ans doivent partager cette cour. Même si leur différence d'âge n'est que de deux ans, c'est une grande différence dans leur développement. En conséquence, une planification est établie, qui détermine clairement les heures de passage de chaque section dans la zone de récréation. Cela pourrait expliquer pourquoi l'accès direct à l'extérieur est impossible. Dans la continuité de cette question, l'allège de la surface vitrée en second jour est assez haute pour ne pas permettre aux petits enfants de regarder vers la cour de récréation quand les grands enfants sont en train de jouer. Mais, par conséquent, ces ouvertures permettent uniquement des vues vers le ciel. Néanmoins, pour faire ces calculs, nous avons pris la hauteur moyenne d'un enfant en petite section. Nous pouvons imaginer que pour les plus grands enfants, il sera possible d'avoir une vue vers la cour de récréation.

Ces surfaces vitrées en second jour ne sont pas ouvrables pour éviter des problèmes d'acoustique. Afin de rendre possible la ventilation traversante dans les salles de classe, une fenêtre orientée au sud a été systématiquement ajoutée en hauteur. Cependant,

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ce dispositif n'a d'utilité que dans les salles de classe placées au Nord de la cour de récréation, puisque les salles de classes au Sud ne possèdent pas d'ouvrant vers le Nord : dans la sixième salle de classe de l'école, par exemple, la fenêtre en hauteur est placée sur la même façade que le reste des fenêtres ouvrables et ne permet donc pas une ventilation croisée.

L'École Maternelle « La Ruche », a eu besoin de lumière naturelle supplémentaire parce que, à l'instar de la Cité Éducative, les salles de classes sont profondes. Pour résoudre ce problème, une ouverture zénithale est ajoutée. Celle-ci étant ouvrable, elle permet, en outre, une ventilation traversante. Cette fenêtre est placée vers le milieu de la salle de classe afin d'éclaircir naturellement l'ensemble de l'espace.

Dans la Maison de l'Enfance, bien que toutes les salles de classe, hormis la salle de classe 4, disposent d'ouvertures qui permettent la ventilation naturelle croisée, il a été nécessaire d'ajouter des dispositifs pour augmenter le flux de renouvellement d'air. Ainsi, les protections solaires BSO verticales peuvent être utilisées pour ventiler naturellement toutes les salles de classe pendant la nuit tout en évitant les intrusions.

Au Danemark, le climat scandinave diffère de celui qu'on retrouve en France. Dès le départ, l'architecte a davantage mis l'accent sur la ventilation mécanique. À cause du climat qui est plus extrême, particulièrement en hiver, la ventilation naturelle n'est pas préférée. L'architecte a expliqué que s'il y a beaucoup de fenêtres ouvrables, les déperditions sont trop élevées. Dans le projet danois Hjertet i Ikast, pour deux des trois salles de classe, il n'était pas possible d'avoir une ventilation naturelle traversante. Les fenêtres initialement conçues comme ouvrables l'étaient pour le confort des utilisateurs, et non pas pour diminuer les besoins d'une ventilation mécanique.

Dans cette même école, la profondeur des salles de classes est considérable. Par conséquent, même si les surfaces vitrées des deux salles de classe au Nord sont très importantes, leur FLJ est 2%. Ce FLJ est plus bas que le FLJ d'autres salles de classe étudiées, de la même taille, et qui comprennent mois de surfaces vitrées, notamment celles de l'École Maternelle « La Ruche ». Ces surfaces vitrées au Nord-Est du projet sont, en outre, couvertes par un débord de toit de 2 m. Cependant au Danemark, il faut noter que même si le soleil peut se lever ou se coucher au Nord en été, il ne sera jamais assez haut pour justifier ce débord de toit. Par conséquent ce dispositif n'a pas d'utilité en tant que protection solaire mais est plutôt un élément esthétique.

Le débord de toiture a été à l'inverse utile pour les baies vitrées vers la cour de récréation de la Cité Éducative et pour les ouvertures au Sud-Est de la Maison de l'Enfance. Même si les surfaces vitrées étaient nécessaires pour l'éclairement naturel des salles de classe, elles devaient quand même être protégées du soleil pour ne pas causer de surchauffe. Cependant, les débords de toiture ont limité les vues des enfants vers le ciel.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

5.2 L'espace construit et la réalité des classes

Par le biais des trois entretiens avec les institutrices de la Cité Éducative Nelson Mandela, nous avons découvert la vie dans les salles de classe et l'usage de la fenêtre dans la vie quotidienne des usagers.

Premièrement, les entretiens nous ont révélé que le point de vue le plus fréquent que les enfants ont vers l'extérieur est quand ils sont assis ou debout au milieu de la salle de classe. Pendant le temps des ateliers qui dure environ trois heures par jour, ils sont assis au milieu de la salle de classe. Cependant, ils sont rarement

près de fenêtres, même si la pédagogie utilisée par les institutrices est libre.

Comme nous l'avons mentionné auparavant, Madame Dolo et Madame Robert ont rapporté qu'en général, les enfants ne réclament pas spécialement à sortir, et ne cherchent pas non plus l'extérieur du regard. Cette affirmation pose des questions : est-ce à cause du type des fenêtres ? Madame Regereau, institutrice dans la salle de classe 5 qui dispose d'une grande baie vitrée s'ouvrant vers la cour de récréation, a été questionnée sur le rapport que les enfants entretiennent avec l'extérieur ; « Bien-sûr, une grande majorité adore la récréation ! »[28] . Madame Robert, institutrice dans la salle de classe 2, la salle de classe avec le plus bas ratio entre les surfaces vitrées qui offrent des vues et la surface habitable, a également répondu à la même question : « Ils demandent à quel moment ça va être le temps de récréation. (...) En dehors de ça, non, pas particulièrement. ». [29] On peut supposer que les enfants développeront une curiosité pour l'extérieur s'ils peuvent voir ce qu'il s'y passe, d'autant plus si l'accès vers la cour de récréation est facilitée.

Ceci est également lié à la question des vis-à-vis, particulièrement avec la cour de récréation. Les architectes GPAA ont souhaité éviter que les petits enfants regardent les grands en récréation pour ne pas qu'ils soient distraits et aient envie de sortir de classe. Néanmoins, les deux institutrices, qui ont une vue vers la cour de récréation, la préfèrent aux vues à travers les petites fenêtres vers l'espace public. Même si nous avons supposé qu'une vue vers le ciel ou vers les arbres pourrait être agréable, les institutrices et les enfants préfèrent des vues plus vivantes comme par exemple la vue vers la cour.

Nous avons supposé qu'afin d'éviter les vis-à-vis créés, les BSO sont utilisés. Madame Robert a pu répondre à ce questionnement. Elle a expliqué que la lumière naturelle des classes est très limitée. En outre, si un brise-soleil est fermé, tous les brise-soleils de la classe doivent être fermés. Ainsi, les institutrices préfèrent avoir une classe plus lumineuse et ne ferment les BSO que si les vis-à-vis créés sont insupportables.

Pour la plupart, nos hypothèses concernant les conditions d'éclairement ont été confirmées. Dans l'intention de limiter les déperditions de l'enveloppe du bâtiment, les architectes ont réduit la taille des surfaces vitrées. Ceci influence l'ambiance de la classe : la lumière est réduite et les institutrices ne sont pas satisfaites. La salle de classe 2 que nous avons pu visiter était vraiment très sombre : l'ouverture haute n'amène que peu de lumière, la surface vitrée en second jour est masquée par le mur entre la cour de récréation et la circulation et les cinq petites fenêtres au nord ne sont pas assez grandes pour éclairer suffisamment la salle de classe. Le ratio entre la surface vitrée qui amène de la lumière diffuse et la surface habitable est 5%, 22% et 5% respectivement pour les salles de classe 2,5 et 6 et le ratio entre la surface vitrée qui amène de la lumière directe et la surface habitable est 7%, 12% et 12%. Ainsi, la salle de classe 5 est bien éclairée, à la fois avec de la lumière diffuse et à la fois avec de la lumière directe, avec des pourcentages assez élevés. Par contre, l'institutrice de la classe n'est pas satisfaite par la lumière de sa classe, de même que Madame Robert, l'institutrice de la salle de classe 2 qui n'est pas suffisamment

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

[28] *Voir entretien avec Madame Regereau*

[29] *Voir entretien avec Madame Robert*

6. Conclusion

À travers ce mémoire nous avons étudié la problématique : « Comment les préoccupations concernant les ambiances intérieures d'un bâtiment scolaire sont aujourd'hui adaptées et revisitées, au regard des préoccupations environnementales ». Nous avons supposé qu'il pouvait exister des antagonismes entre la recherche d'efficacité énergétique et les qualités d'ambiance dans les établissements scolaires. Et au contraire, les architectes peuvent tirer parti des exigences énergétiques en les intégrant dans le processus de conception au bénéfice de la qualité des ambiances architecturales.

Afin d'étudier cette problématique et de tester la validité de ces hypothèses, nous nous sommes concentrés sur les salles de classe des écoles, et plus particulièrement sur ses fenêtres. Premièrement, du point de vue de la psychologie, les salles de classe influent sur la performance et l'efficacité des étudiants. Deuxièmement, au niveau physiologique ces espaces peuvent avoir des conséquences sur la santé des enfants. La fenêtre est un élément qui peut conditionner la façon dont on amène l'environnement extérieur au sein de la salle de classe. Son orientation, sa taille, son positionnement et son ouverture peuvent être ajustés afin de répondre à la qualité des ambiances envisagées, tout en respectant les exigences liées à l'efficacité énergétique du bâtiment.

La méthode de recherche mise en place consistait à choisir quatre écoles pour les analyser: trois françaises et une danoise. L'école danoise a été choisie pour examiner les contrastes qui peuvent exister en raison de la culture ou du climat. Premièrement, par des entretiens avec les architectes des projets nous avons suivi leur processus. Quatre architectes ont été interviewés ; Delphine Coriou, Moïse Boucherie, Thibault Dury et Julian Weyer. Les architectes étaient interrogés sur les réglementations énergétiques qui ont influencé le processus de conception, mais aussi sur les ambiances qu'ils avaient envisagées. Par la suite, les indicateurs ont servi comme support afin d'analyser les salles de classe des écoles sur quatre sujets : l'usage de la fenêtre, la lumière qui pénètre à travers, la ventilation naturelle et la thermique de la salle de la classe, liée à la fenêtre. Ces quatre thématiques, constituent des paramètres majeurs régissant l'ambiance de la salle de classe. Nous avons finalement parlé avec trois institutrices d'une des écoles pour découvrir la réalité des salles de classe. Nous avons interviewé Madame Robert, Madame Regereau et Madame Dolo, institutrices à la Cité Éducative Nelson Mandela à Angers. Ces rencontres nous ont permis de découvrir comment les institutrices vivent avec les enfants dans les salles de classes, quelle est leur quotidien et comment elles trouvent l'ambiance des classes dans lesquelles elles enseignent.

L'analyse des projets au travers des entretiens et des indicateurs, nous a permis de comprendre la réflexion des architectes concernant la génération d'ambiances intérieures. Nous avons également pu découvrir les difficultés rencontrées par les architectes et les contradictions entre la qualité des ambiances et les réglementations. Les architectes ont souvent parlé de l'équilibre recherché entre la qualité des ambiances et les exigences énergétiques. Ils ont bien conscience que nous ne pouvons plus ouvrir complètement les salles de classe comme on le faisait dans les écoles en plein air. Il faut contrôler l'environnement intérieur dans une démarche de développement durable, en gardant à l'esprit que la qualité des ambiances est fortement dépendante de l'environnement extérieur.

L'analyse croisée des écoles a révélé que le comportement des utilisateurs est également important pour répondre à la question de la place de la fenêtre dans la salle de classe. Les instituteurs et institutrices vivent avec les enfants tous les jours. Ainsi, ils ont des manières d'habiter les lieux avec les enfants qui ne sont pas toujours faciles à appréhender pour les architectes. Il a été intéressant de les interviewer car elles ont apporté des données que nous n'aurions pas pu obtenir autrement. Elles ont parfois confirmé les résultats des indicateurs, et à d'autres moments, la réalité a pu différer des résultats théoriques. Comme nous avons pu voir, il y existe des paramètres, parfois invisibles à

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

l'architecte lorsqu'il dessine, mais qui peuvent influencer l'ambiance de la classe.

En analysant l'école danoise, nous nous sommes rendu compte que des questions similaires concernant l'ambiance intérieure sont posées au Danemark. Le processus et la pensée des architectes sont en réalité très similaires à ceux des architectes français. L'analyse d'un seul bâtiment danois ne représente certainement pas l'architecture scolaire danoise dans sa globalité, mais il a été toutefois intéressant de voir que le projet danois dépend, par exemple, davantage de la ventilation mécanique, afin d'éviter des déperditions de chaleur, et qu'il y était mis un accent particulier sur la lumière naturelle. Il sera intéressant d'appliquer notre méthode de recherche aux écoles au Danemark pour y découvrir plus en détail la réalité des salles de classe.

La question de l'influence des exigences énergétiques sur la qualité des ambiances dans les établissements scolaires sera toujours d'actualité, d'autant plus que les préoccupations concernant le développement durable seront de plus en plus prégnantes. En outre, l'importance et la place de la fenêtre au sein de cette problématique ouvrent d'autres questions. Notamment entrent en jeu dans la conception architecturale les souhaits et envies particulières de la maîtrise d'ouvrage. Finalement, un travail approfondi sur la relation entre la salle de classe et son environnement extérieur pourrait faire l'objet d'une recherche à part entière, et notamment sur sa prise en compte dans la conception des vues à travers les fenêtres de la salle de classe.

Ce mémoire n'avait finalement pas pour visée d'apporter une solution unique répondant à la fois aux exigences énergétiques et à la conception d'ambiances qualitatives, mais plutôt d'ouvrir des possibles. D'un point de vue personnel, ce mémoire m'a apporté des pistes de réflexion sur la pratique du métier de concepteur, et notamment sur l'importance d'un équilibre entre la réflexion technique et la recherche sensible. Les ambiances imaginées sont aussi importantes que l'efficacité énergétique dans le milieu scolaire, et la nécessité de l'un n'annule pas l'importance de l'autre. Enfin, souhaitant retourner au Danemark après mes études, j'espère pouvoir mettre à profit les connaissances acquises durant l'élaboration de ce mémoire.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

7. Bibliographie

Association for phychological science, 2014. Heavily Decorated Classrooms Disrupt Attention and Learning in Young Children, s.l.: s.n.

Auriac, M., 1934. Les méthodes et les maitres de l'école en plein air. Dans: L'hygiène par l'exemple - Ecoles de plein air externat. Paris: s.n., pp. 179-272.

Baker, N. & Steemers, K., 2002. Daylight Design of buildings. London, UK: James&James.

Banham, R., 1984. The architecture of the well-tempered environment. Chicago: University of Chicago Press.

Barrett, P., Zhang, Y., Davies, F. & Barrett, L., 2015. Clever Classrooms : Summary report of the HEAD Project, Manchester: University of Salford.

Cathcart, B., 2005. Independent. [En ligne]
Available at: https://www.independent.co.uk/life-style/health-and-families/health-news/schools-out-487619.html
[Accès le 20 Janvier 2019].

Châtelet, A.-M. & Le Coeur, M., 2004. L'architecture scolaire ; essai d'historiographie internationale. Paris: Service d'histoire de l'éducation de L'INRP.

Châtelet, A. M., 1993. Paris à l'école, qui a eu cette idée folle ?. Arsenal/Picard éd. Paris: s.n.

Châtelet, A. M., 1999. La naissance de l'architecture scolaire - Les écoles élémentaires parisiennes de 1870 à 1914. Paris: Honoré Champion éditeur.

Châtelet, A. M., 2003. L'école de plein air, Une expérience pédagogique et architecturale dans l'Europe du XXe siècle. Dijon-Quetigny: éditions Recherches.

Cherot, E., 2003. L'architecture pour la pédagogie (TPFE) : survol diachronique de la construction scolaire : un groupe scolaire à Sainte-Marie-sur-Mer. Nantes: s.n.

Christoffersen, J., Maesano, C. & Annesi-Maesano, I., 2016. Impact of Daylight on Learning Capabilities in European, Aalborg: Aalborg Universitet.

Degrotte, V., Kopp, N. & Dubreuil, M., 2013. Confort et santé dans les équipements pour la petite enfance. s.l.:CAUE 44.

Derouet-Besson, M.-C., 1998. Laine, Michel : Les constructions scolaires en France [compte-rendu], s.l.: Revue française de pédagogie, volume 123, 1998. La violence à l'école : approches européennes.

Dessauw, G., 2000. Le temps des instituteurs. [En ligne]
Available at: http://www.le-temps-des-instituteurs.fr/hist-revolution.html
[Accès le 26 Mai 2019].

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Frontczak, M., 2011. Human comfort and self-estimated performance in relation to indoor environmental parameters and building features, s.l.: DTU Civil Engineering .

Kumar, R., O'Malley, P. M. & Johnston, L. D., 2008. Association Between Physical Environment of Secondary Schools and Student Problem Behavior: A National Study, s.l.: s.n.

Municipal Dreams, 2014. Aspen House Open Air School, Lambeth: doing 'the world of good'. [En ligne]
Available at: https://municipaldreams.wordpress.com/2014/01/21/aspen-house-open-air-school-lambeth-doing-the-world-of-good/
[Accès le 23 Avril 2018].

Narjoux, F., 1877. Les écoles publiques en France et en Angleterre : construction et installation, documents officiels, services extérieurs, services intérieurs, salles d'asile, mobilier scolaire, services annexes. Paris: Vve A. Morel.

Narjoux, F., 1879. Écoles primaires et salles d'asile: construction et installation. s.l.:Vve A. Morel et Cie.

Publications Office of the European Union, 2014. Schools Indoor Pollution and Health Observatory Network in Europe, Luxembourg: s.n.

Rouland, G., 1858. Circulaire aux préfets sur l'arrêté du 14 Juillet relatif à la construction des maisons d'école et salles d'asile, s.l.: s.n.

Stylianos Kephalopoulos, E. S. Y. B. d. B. E. d. O. F., 2014. Guidelines for healthy environments within European schools, Luxembourg: s.n.

Toulier, B., 1982. L'ARCHITECTURE SCOLAIRE AU XIXe SIECLE : De l'usage des modèles pour l'édification des écoles primaires. [En ligne]
Available at: https://www.persee.fr/doc/hedu_0221-6280_1982_num_17_1_1146
[Accès le 23 Mars 2019].

Velux, 2018. Building Better Schools - Six ways to help our children learn. [En ligne]
Available at: https://vms.velux.co.uk/building-better-schools
[Accès le 21 Novembre 2018].

White, R., 2004. Young Children's Relationship with Nature: Its Importance to Children's, Cortland, NY: White Hutchinson Leisure & Learning Group.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

8. Illustrations

Si rien n'est dit, l'illustration est réalisée par l'auteur

Figure 01 : Châtelet, A. M., 1999. La naissance de l'architecture scolaire - Les écoles élémentaires parisiennes de 1870 à 1914. Paris: Honoré Champion éditeur, p. 57

Figure 02 : Châtelet, A. M., 1999. La naissance de l'architecture scolaire - Les écoles élémentaires parisiennes de 1870 à 1914. Paris: Honoré Champion éditeur, p. 63

Figure 03 : Narjoux, F., 1877. Les écoles publiques en France et en Angleterre : construction et installation, documents officiels, services extérieurs, services intérieurs, salles d'asile, mobilier scolaire, services annexes. Paris: Vve A. Morel. p. 131

Figure 04 : Châtelet, A. M., 1999. La naissance de l'architecture scolaire - Les écoles élémentaires parisiennes de 1870 à 1914. Paris: Honoré Champion éditeur, p. 214

Figure 05 : Châtelet, A. M., 1999. La naissance de l'architecture scolaire - Les écoles élémentaires parisiennes de 1870 à 1914. Paris: Honoré Champion éditeur, p. 219

Figure 06 : Châtelet, A. M., 2003. L'école de plein air, Une expérience pédagogique et architecturale dans l'Europe du XXe siècle. Dijon-Quetigny: éditions Recherches, p. 171

Figure 07 : Châtelet, A. M., 2003. L'école de plein air, Une expérience pédagogique et architecturale dans l'Europe du XXe siècle. Dijon-Quetigny: éditions Recherches, p. 173

Figure 08 : Municipal Dreams, 2014. Aspen House Open Air School, Lambeth: doing 'the world of good'. [En ligne] Disponible à : https://municipaldreams.wordpress.com/2014/01/21/aspen-house-open-air-school-lambeth-doing-the-world-of-good/
[Accès en Avril 2018].

Figure 09 : Châtelet, A. M., 2003. L'école de plein air, Une expérience pédagogique et architecturale dans l'Europe du XXe siècle. Dijon-Quetigny: éditions Recherches, p. 175

Figure 10 : Châtelet, A. M., 2003. L'école de plein air, Une expérience pédagogique et architecturale dans l'Europe du XXe siècle. Dijon-Quetigny: éditions Recherches, p. 177

Figure 11 : http://www.caue-observatoire.fr/ouvrage/cite-educative-nelson-mandela/, , 11h45 - Philippe Ruault - Stéphane Chalmeau - Brice Derez

Figure 12 : http://tracks-architectes.com/portfolio/peg/, photographe Guillaume Amat

Figure 13 : http://cargocollective.com/yarchitectes/MAISON-DE-L-ENFANCE, photographe Brice Robert

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Figure 14 : https://www.skyfish.com/p/cfmollerarchitects/1323351/38506113?predicate=label&direction=desc, photographe Adam Moerk

Figure 22 : http://www.gpaa.fr/portfolios/cite-educative-nelson-mandela-et-bibliotheque-a-angers/, 11h45 - Philippe Ruault - Stéphane Chalmeau - Brice Derez

Figure 23 : http://www.gpaa.fr/portfolios/cite-educative-nelson-mandela-et-bibliotheque-a-angers/, 11h45 - Philippe Ruault - Stéphane Chalmeau - Brice Derez

Figure 24 : http://www.gpaa.fr/portfolios/cite-educative-nelson-mandela-et-bibliotheque-a-angers/, 11h45 - Philippe Ruault - Stéphane Chalmeau - Brice Derez

Figure 31 : http://tracks-architectes.com/portfolio/peg/, photographe Guillaume Amat

Figure 32 : http://tracks-architectes.com/portfolio/peg/, photographe Guillaume Amat

Figure 37 : http://cargocollective.com/yarchitectes/MAISON-DE-L-ENFANCE, photographe Brice Robert

Figure 38 : http://cargocollective.com/yarchitectes/MAISON-DE-L-ENFANCE, photographe Brice Robert

Figure 39 : http://cargocollective.com/yarchitectes/MAISON-DE-L-ENFANCE, photographe Brice Robert

Figure 44 : C. F. Møller Architectes, https://www.skyfish.com/p/cfmollerarchitects/1323351/38506113?predicate=label&direction=desc

Figure 45 : : C. F. Møller Architectes, https://www.skyfish.com/p/cfmollerarchitects/1323351/38506113?predicate=label&direction=desc, photographe Adam Moerk

Figure 46 : C. F. Møller Architectes, https://www.skyfish.com/p/cfmollerarchitects/1323351/38506113?predicate=label&direction=desc, photographe Adam Moerk

Figure 71 : http://www.gpaa.fr/portfolios/cite-educative-nelson-mandela-et-bibliotheque-a-angers/, 11h45 - Philippe Ruault - Stéphane Chalmeau - Brice Derez

Figure 73 : http://www.gpaa.fr/portfolios/cite-educative-nelson-mandela-et-bibliotheque-a-angers/, 11h45 - Philippe Ruault - Stéphane Chalmeau - Brice Derez

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

9. Annexes

9.2.1. Guidelines for healthy environments within European schools

Annexe 1 : Stylianos Kephalopoulos, E. S. Y. B. d. B. E. d. O. F., 2014. Luxembourg: s.n., p. 52 (Albanie - Finlande)

Aperçu des informations sur les initiatives politiques (réglementations, lois, lignes directrices, programmes) dans les pays européens pour des environnements scolaires sains.

EU Member State	**National policy measures (regulations, laws, guidelines, programmes)**				
	Type	***General description***	***Specification (parameter)***	***Stakeholder involvement/audience***	***Reference/ information source***
Albania	No guidelines	-	-	-	-
Austria	Guidelines on hygiene requirements in schools	General guidelines describing hygiene measures in schools.	Contains recommendations on cleaning and personal hygiene, food hygiene, etc. A chapter on IAQ in schools is foreseen to be included in future updates.	School staff	http://www.bmukk.gv.at/schulen/unterricht/hygieneplan.xml
	Guidelines on indoor air in homes	Guidelines on the assessment of indoor air in homes. These guidelines also apply to schools.	Contains recommendations on the assessment of chemical and biological agents and requirements for ventilation (fungi, formaldehyde, CO_2, toluene, styrene, tetrachloroethylene, total VOCs) and describes health-based limit values.	-	http://www.innenraumanalytik.at/richtwerte.html
	German guidelines for indoor-air hygiene in school buildings	Detailed German guidelines for indoor health in school buildings; also frequently used in Austria.	See Germany below for a detailed description.	-	www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3689.pdf
Belgium	Flemish regulations and decisions related to indoor climate (ARAB, KB (12 August 1993), KB (27 March 1998, 3 May 1999, 11 March 2002 and 17 July 2002), -Decision Flemish Government (8 December 2006, 11 June 2004, 19 November 2010 and 1 June 1985)	Guidelines and recommendations for a safe and clean indoor environment, including the Flemish Indoor Environment Decree on IAQ.	Contains requirements on temperature, humidity, ventilation, heating systems, the use and storage of cleaning agents, and IAQ in terms of guidance and intervention values for chemical, physical and biological agents. Belgium also provides educational programmes for primary and secondary schools, focused on education on classroom ventilation by opening windows. Its effectiveness has been proved by measurements of IAQ in the participating schools.	-	http://www.lekkerfris.be/, www.airatschool.be
Cyprus	No guidelines	-	-	-	-
Czech Republic	Laws on the protection and promotion of public health regarding the school environment (directed at public buildings, apart from flats (Edict Ministry of Health CR No. 6/2003 Ld. and Edict Ministry of Health CR No.410/2005 Ld.).	These laws describe hygiene requirements for the indoor environments in general (CR No. 6/2003 Ld.) and for areas designed as educational facilities for schoolchildren and young people (No.410/2005 Ld.).	Contains requirements on chemical, physical and biological agents in the indoor environment of habitable spaces (CR No. 6/2003 Ld.), and on ventilation, insulation, lighting, furniture, cleaning, etc. (No.410/2005 Ld.).	-	-
Finland	General	Binding recommendations on		-	-

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

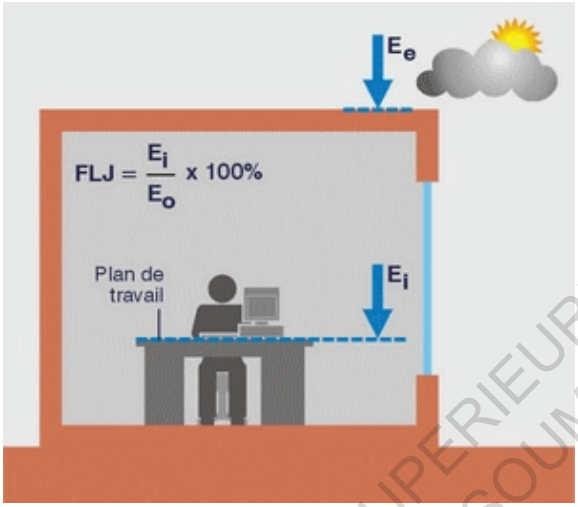
9.2.1. Guidelines for healthy environments within European schools

Annexe 2 : Calcul du FLJ pour Cité éducative Nelson Mandela, p. 1

Cité Educative des Hauts de St Aubin – Angers (49)

Définition et interprétation du Facteur Lumière du Jour (FLJ)

Le facteur de lumière du jour en un point intérieur est le rapport de l'éclairement naturel reçu en ce point à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé, par ciel couvert.
Ces deux valeurs d'éclairement sont dues à la lumière reçue d'un même ciel dont la répartition des luminances est supposée ou connue, la lumière solaire directe en étant exclue. Le FLJ s'exprime en %.



FLJ = E intérieur / E extérieur (%) soit dans les documents ci-dessous la valeur D

Les valeurs du référentiel HQE dans la cible 10 Confort Visuel permettent d'interpréter les résultats par rapport à cette base. Ceux –ci sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Niveau	Exigences FLJ
Base	2% pour 80% des locaux et 1.5% pour le reste
Performant	2.5% dans au moins 80% des locaux et 2% pour le reste
Très Performant	2% pour 80% des locaux et 2% pour le reste

Sous les conditions de ciel couvert, les valeurs du facteur de lumière du jour sont indépendantes de l'orientation des baies vitrées, de la saison et de l'heure. Elles donnent ainsi une mesure objective et facilement comparable de la qualité de l'éclairement à l'intérieur d'un bâtiment. Les valeurs du FLJ d'un local peuvent alors être comparées aux valeurs de FLJ minimum de référence. Cependant, le FLJ ne permet pas de voir immédiatement si les niveaux d'éclairement recommandés pour une tâche visuelle sont atteints.

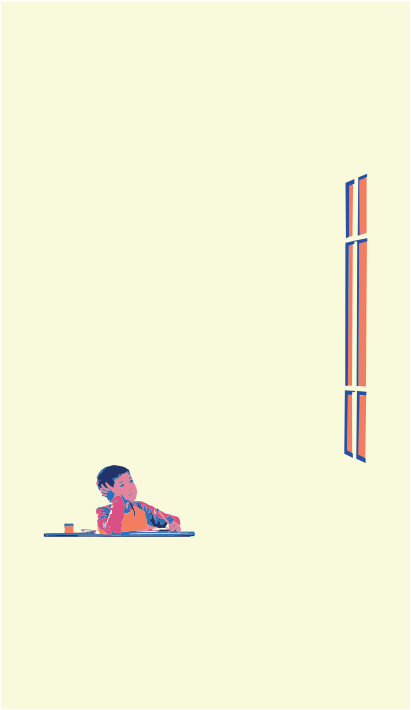
Ceci étant, une fois qu'on connaît le facteur de lumière du jour en un point d'un local, on peut calculer l'éclairement atteint en ce point, à n'importe quel moment de l'année, sous des conditions de ciel couvert, à partir de l'éclairement horizontal extérieur.

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Andrea Margadji
2018-2019
Encadrants : Ignacio Requena-Ruiz, Pascal Joanne

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR



MÉMOIRE MASTER

AMBIANCES ET PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DANS LES ÉCOLES PRIMAIRES : QUELLES CONTRADICTIONS ET CORRÉLATIONS

Auteure : Andrea Margadji
Année : 2018-2019
Encadrants: Ignacio Requena-Ruiz, Pascal Joanne

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE D'ARCHITECTURE DE NANTES
DOCUMENT SOUMIS AU DROIT D'AUTEUR

Séminaire : « Ambiances : références, dispositifs, effets »

ENSA
NANTES