



LEKOL LOJIK

Outils d'aide à la programmation et
conception d'ECOLES ECO-
CONFORTABLES en GUYANE



1-GUIDE D'AIDE A LA PROGRAMMATION



Mai 2025



Actions pour une
Qualité
Urbaine et
Architecturale
Amazonienne



détails
URBANISME & PAYSAGE



Un projet financé par :



SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	4
2	COMMENT UTILISER LE GUIDE PROGRAMMTIQUE	5
2.1	POUR UNE BONNE EFFICACITE DE LA DEMARCHE.....	5
2.1.1	Implication des acteurs	5
2.1.2	Organisation.....	5
2.2	CODE COULEUR DU GUIDE PROGRAMMATIQUE	5
3	GENERALITES	6
3.1	CONTEXTE CLIMATIQUE.....	6
3.2	ENJEUX ENERGETIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX	8
3.3	CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET OPERATIONNEL	8
3.4	OBJECTIFS ENERGETIQUES	10
4	PRINCIPES FONDAMENTAUX.....	11
4.1	CONCEPTION BIOCLIMATIQUE	11
4.2	GESTION DE L'ENERGIE.....	13
4.3	VENTILATION OU CLIMATISATION DES LOCAUX	13
4.3.1	Des enjeux forts.....	13
4.3.2	Réversibilité des locaux : climatisation versus ventilation naturelle	13
5	HAUTE PERFORMANCE ENERGETIQUE : NIVEAUX D'EXIGENCES REQUIS	15
5.1	INSCRIPTION DANS LE SITE & VEGETALISATION DES ESPACES	15
5.1.1	Site d'implantation	15
5.1.2	Aménagements paysagers.....	16
5.1.3	Exemples de rendus	19
5.2	STRATEGIE BIOCLIMATIQUE & CHOIX CONSTRUCTIFS	21
5.2.1	Ventilation naturelle	21
5.2.2	Espaces climatisés.....	25
5.2.3	Protection solaire	26
5.2.4	Confort dans les espaces extérieurs	29
5.3	EQUIPEMENTS TECHNIQUES & EFFICACITE ENERGETIQUE	29
5.3.1	Ventilation hygiénique.....	29
5.3.2	Espaces climatisés.....	30
5.3.3	Eclairage naturel / Eclairage artificiel.....	33
5.3.4	Brasseurs d'air.....	37
5.3.5	Energies renouvelables.....	37
5.4	MAITRISE DES USAGES (MISSION COMPLEMENTAIRE)	38
6	DOCUMENTS ATTENDUS.....	39
6.1	LA NOTE CONCOURS : STRATEGIE ENVIRONNEMENTALE.....	39
6.1.1	Inscription dans le site	39
6.1.2	Gestion thermique des locaux.....	39
6.1.3	Protection solaire	39
6.1.4	Eclairage naturel	40
6.1.5	Ensemble	40
6.2	TABLEAU DE DIALOGUE MO/MCE	40
7	ANNEXES	41

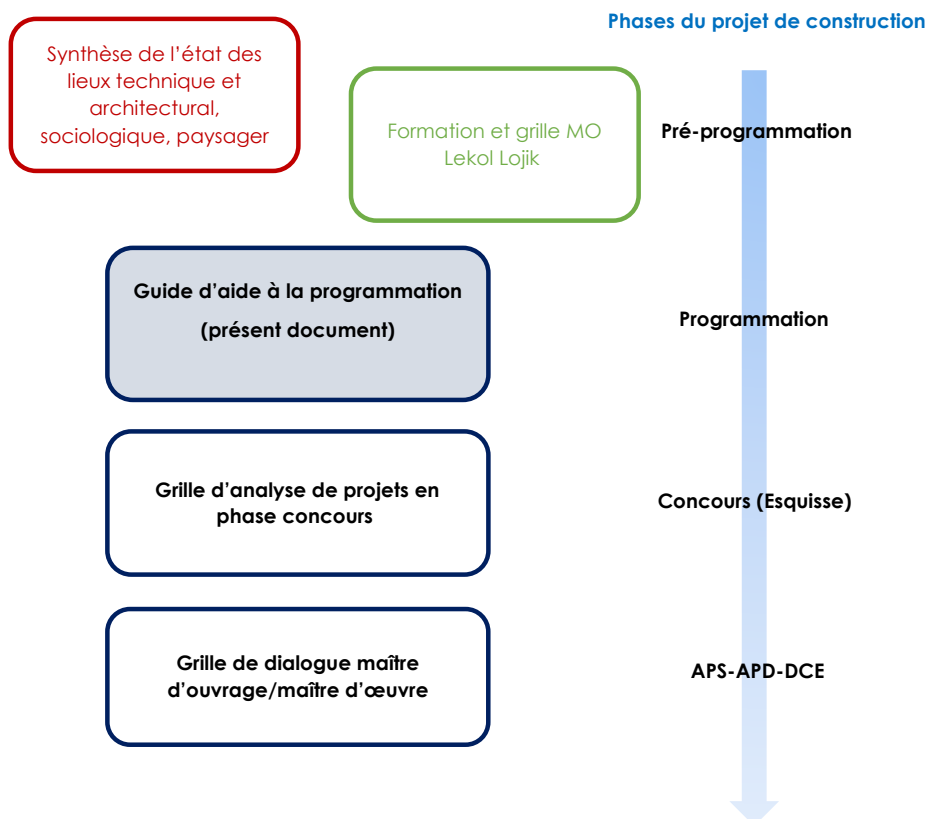
7.1	ANNEXE 1 : MODE DE CALCUL DES FACTEURS SOLAIRES	41
7.1.1	Parois opaques	41
7.1.2	Ouvertures	43
7.2	ANNEXE 2 : FACTEUR SOLAIRE GLOBAL	44
7.3	ANNEXE 3 : REGLEMENTATIONS	45
7.3.1	Décret « Tertiaire »	45
7.3.2	Décret « BACS »	46
7.3.3	Loi ApER	47

1 INTRODUCTION

Le présent document fait partie d'un ensemble de documents développés dans le cadre du projet **LEKOL LOJIK**, qui vise à fournir aux mairies de Guyane des outils simples de programmation et de suivi de projets de constructions scolaires confortables et à faible consommation d'énergie.

Le projet **LEKOL LOJIK** s'organise autour des outils suivants, utilisables à chaque phase d'un projet de conception :

- 0) Un état des lieux des constructions scolaires en Guyane
- 1) **Un guide d'aide à la programmation (présent document)**
- 2) Une grille d'analyse de projets en phase concours
- 3) Une grille de dialogue maître d'ouvrage/maître d'œuvre
- 4) Une formation et une grille à destination des maîtres d'ouvrage



2 COMMENT UTILISER LE GUIDE PROGRAMMATIQUE

Le présent document est adressé au maître d'ouvrage et/ou programmiste d'un projet de construction de groupe scolaire. Il précise les grandes orientations à donner au projet, en termes de performances énergétiques et de confort thermique.

Ces orientations, déclinées sous forme **d'exigences qualitatives et quantitatives**, décrites à partir du chapitre 3, qui peuvent être directement intégrées au sein du programme technique détaillé (PTD), ou bien faire l'objet d'un programme énergétique à part.

Des objectifs de rendu sont fixés pour la phase esquisse, en lien avec la grille d'analyse de projets en phase concours, qui devront être suivis pour l'ensemble du projet, auxquels s'ajoutent des exigences pour les phases d'avant-projet suivantes.

2.1 POUR UNE BONNE EFFICACITE DE LA DEMARCHE

2.1.1 IMPLICATION DES ACTEURS

La réussite d'une démarche de performance énergétique et thermique passe avant tout par une implication globale et spécifiée de tous les acteurs du projet.

Afin de la mener à bien, la maîtrise d'ouvrage se chargera de sensibiliser, impliquer et coordonner les différents intervenants de l'opération. Elle assurera notamment le lien avec :

- L'équipe de maîtrise d'œuvre, qui devra positionner la problématique environnementale au centre de sa démarche de conception, au même titre que la fonctionnalité, la qualité architecturale ou les problèmes de faisabilité technique, pour un niveau de confort généralement supérieur. Il lui sera demandé pour cela de fournir à chaque étape une liste des justificatifs précisés dans le tableau de bord de la partie suivante ;
- Les entreprises, qui sauront répondre aux exigences techniques demandées, et sensibiliser leurs équipes de chantier dans le cadre de la mise en œuvre d'un chantier vert.

2.1.2 ORGANISATION

Les choix environnementaux devront être actés en tenant compte des exigences initiales, de la faisabilité technique, et de la réalité budgétaire.

2.2 CODE COULEUR DU GUIDE PROGRAMMATIQUE

Dans le chapitre « Principes Fondamentaux » de ce document, quelques fonds de couleur ont été utilisés pour distinguer les différents éléments de texte avec les significations suivantes

	Fond sans couleur	Prescriptions générales
AAA		Objectifs fixés
	Fond gris	Justificatifs attendus au concours
	Fond orange	Généralités
	Fond bleu	Focus thématiques
	Fond jaune	Mises en garde et retours d'expérience

3 GENERALITES

3.1 CONTEXTE CLIMATIQUE

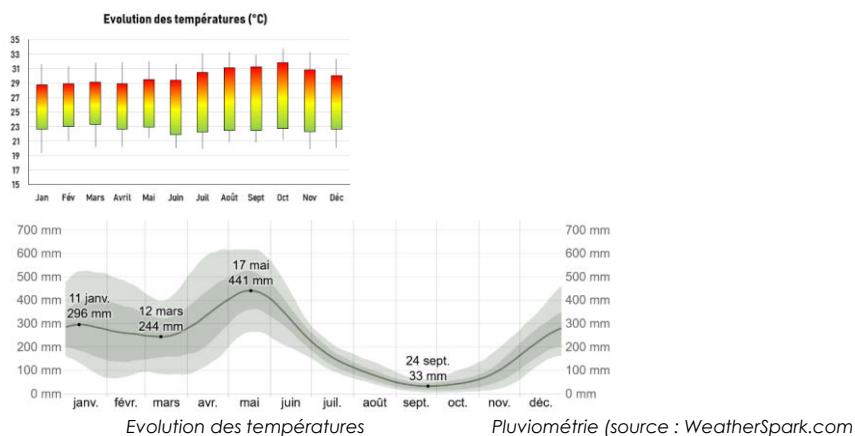
Le climat de la Guyane est de type **équatorial et humide** avec des variations liées aux oscillations de la ZCIT (Zone de Convergence Intertropicale).

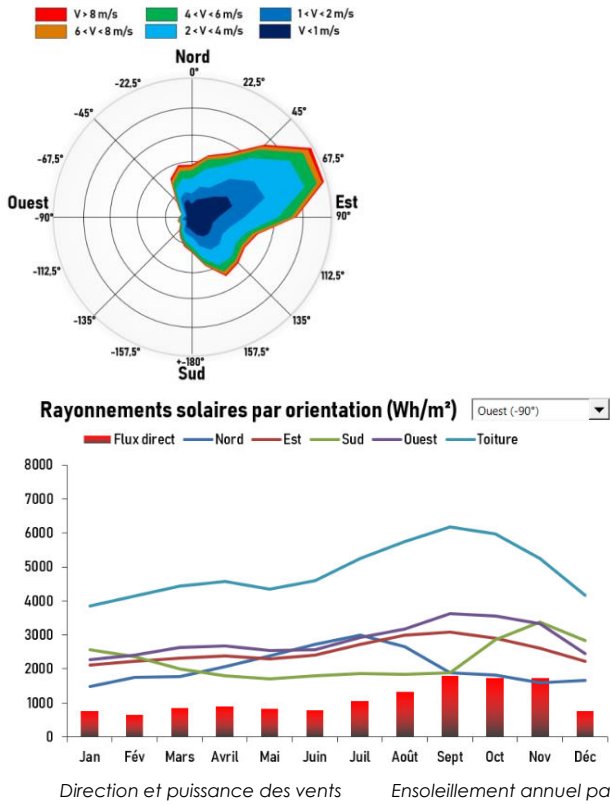
Les températures sont globalement stables, comprises entre 22 et 32°C tout au long de l'année (les températures moyennes oscillant entre 26 et 27°C)

Les vents sont plutôt réguliers en termes de direction (Est-Nord-est) mais légèrement plus puissants entre Janvier et Avril (environ 3 à 3,5 m/s contre 2 à 2,5 m/s le reste de l'année).

Les pluies sont plus importantes entre Janvier et Mai.

Enfin, l'ensoleillement varie au cours de l'année entre 4 et 6 kWh/m²/an sur un plan horizontal et un flux légèrement plus élevé à l'Ouest sur l'année.





Aussi, avant de concevoir un bâtiment, il faut avoir en tête les indicateurs suivants :

Direction des vents	Est-Nord-est	
Ensoleillement moyen reçu (kWh/m²/jour)	Horizontal (toiture)	5,4
	Ouest	2,7
	Est	2,3
	Nord	1,7
	Sud	2,0

3.2 ENJEUX ENERGETIQUES ET ENVIRONNEMENTAUX

Les dernières publications scientifiques du GIEC ne laissent plus de doute sur les causes du réchauffement climatique constaté ces dernières années. La quasi-totalité des gouvernements ont signé l'accord de limitation des gaz à effet de serre de façon à repositionner la Terre dans une trajectoire climatique vertueuse. Cette trajectoire correspond à une limitation à 450 ppm la teneur en CO₂ dans l'atmosphère. La hausse de température correspondante serait limitée à 2°C et permettrait de préserver les conditions de vie telles qu'on les connaît aujourd'hui et d'éviter des scénarii climatiques aventureux.

Les principaux risques encourus liés au changement climatique dans les territoires ultramarins, et en Guyane en particulier, montrent une grande vulnérabilité :

- L'érosion côtière et impact sur la biodiversité (mangroves)
- La perte de ressources due à la montée du niveau des mers entraînant une salinisation des sols qui entrave la culture et met en péril la ressource à l'eau.
- L'augmentation du risque de catastrophes naturelles (intensification de phénomènes pluvieux, inondations, coulées de boue, etc.)
- L'augmentation des températures (rapport 2022 de GuyaClimat)

Or, le statu quo énergétique actuel, place le climat de la Terre dans une trajectoire dangereuse pour ses habitants : en 2030 les énergies d'origine fossile représenteront encore 80% de la consommation d'énergie si l'on continue de suivre la tendance actuelle.

Par ailleurs, la Guyane s'ancre dans un contexte énergétique particulièrement délicat, avec le renouvellement de moyens de production électrique aujourd'hui entravé, le développement d'énergies renouvelables encore insuffisant, une consommation en constante augmentation et une dépendance aux énergies fossiles recrudescence. Cette dépendance représente une deuxième vulnérabilité : les conséquences de l'épuisement des ressources fossiles à court terme en termes économiques. Ces perspectives imposent de se préparer très rapidement au futur paysage énergétique mondial en plaçant clairement la priorité **aux économies d'énergie**, tout en développant parallèlement le secteur des énergies renouvelables (L'électricité est aujourd'hui produite aux trois quarts par des énergies fossiles). Ainsi chaque euro investi dans **l'efficacité énergétique** dans ces régions a un impact plus important qu'en métropole sur la dépendance aux ressources fossiles et la réduction de l'effet de serre.

Le domaine du Bâtiment, qui apparaît comme le deuxième secteur de consommation après les transports, n'en constitue pas moins le domaine d'action où les marges de manœuvre sont les plus importantes et apparaît donc comme un axe d'action prioritaire. Ces marges de manœuvre ne se limitent pas à l'approche bioclimatique mais également aux équipements du bâtiment et à la bonne prise en main de celui-ci par ses occupants.

3.3 CONTEXTE REGLEMENTAIRE ET OPERATIONNEL

La réglementation acoustique et thermique RTAA, limitée au logement neuf, a été réactualisée en 2016. Elle restait, en 2025, la seule réglementation thermique existant en Guyane.

Préalablement et parallèlement aux développements des réglementations thermiques, de nombreuses études et opérations expérimentales ont été menées et capitalisées sous formes de guides. Certains d'entre eux peuvent être mobilisés pour la rédaction de programmes de groupes scolaires :

Désignation	Champs d'application : secteurs et acteurs
ECODOM	Méthode de qualification du confort thermique et de l'efficacité énergétique dans les logements neufs secteurs publics et privé qui devait préfigurer la RT DOM Principe d'exigences réalistes « acceptables » par les MOs à moindre surcout et avec en particulier l'idée de donner des principes conceptuels aux architectes sans museler leur créativité sur une conception bioclimatique globale
ECODOM+	Recherche d'une sorte « d'équivalence » au label métropolitain THPE : développé en Guyane et Antilles basé sur le même principe qu'ECODOM mais améliorant certaines prescriptions
Opticlim* Origine Guyane (ex qualiclim)	Charte pour rendre vertueuses les installations de petite climatisation en prenant comme entrée les installateurs Pour installateurs de climatisation
Climadom	Qualification pour les bâtiments avec installations de climatisation centralisée qui devait devenir opérationnel en même temps qu'ECODOM
SIKODOM (guide)	Guide à l'attention des maîtres d'ouvrage pour la réhabilitation des bâtiments scolaires
QEA Guyane QE Antilles	Guide à l'attention des MO qui veulent impulser une démarche de qualité environnementale
Guide : Climatiser dans les DOM	Pour les ingénieurs et un peu les architectes
Guides de la ventilation naturelle	Petit guide simple et pédagogique sur la ventilation naturelle Guide du CSTB sur la climatisation naturelle (3 tomes)
Guide des matériaux et composant MDE	Guyane (versions 1 et 2) puis Réunion : recensement dans un guide pour les professionnels des divers matériaux et composants architecturaux et techniques disponibles sur le marché local qui ont un impact MDE avec caractérisation de leurs performances environnementales, l'ordre de grandeur de leur coût, ... Guyane : étude spécifique sur les éco-matériaux disponibles dans les pays alentour de la Guyane
Guide REPER « Réhabilitation et Performance »	Guide méthodologique pour concevoir de manière résiliente les projets de réhabilitation de logements
Quelques outils et guides non spécifiques aux DOM (exemples)	Guide du CSTB sur la climatisation naturelle (3 tomes)

Si ces guides constituent une banque de données et une source de renvois intéressants dans le cadre d'un programme de groupe scolaire, seul l'outil SIKODOM, , est réellement mobilisable en tant que tel.

Ce guide, réalisé en Guyane par l'ADEME en 2004, est un outil d'aide à la rénovation thermique des bâtiments scolaires, qui a pour objectif d'appuyer le maître d'ouvrage dans sa démarche à travers une méthodologie et une grille analytique des travaux à réaliser. Pour rappel, il n'existe par ailleurs **aucune réglementation pour ce secteur en Guyane et dans les DOM d'une manière plus générale.**

D'autres réglementations plus nationales mais touchant à l'énergie dans le tertiaire, sont présentées en annexe 3.

3.4 OBJECTIFS ENERGETIQUES

Des objectifs énergétiques peuvent être fixés au niveau du programme. Ils sont cependant difficiles à généraliser et vont dépendre de la configuration de l'établissement scolaire, et notamment du nombre d'espaces climatisés, ainsi que de la présence ou non d'une salle de préparation des repas (cuisine ou réchauffage des plats).

D'une manière générale, on peut toutefois retenir les chiffres suivants :

	Performant	Très performant
Espaces en ventilation naturelle :	10 kWh/m ² /an	5 kWh/m ² /an
Espaces climatisés :	65 kWh/m ² /an	50 kWh/m ² /an

Afin de mieux préciser ces objectifs, un outil, REDUCALOR, a ainsi été mis en œuvre dans la cadre du programme OMBREE I. Il vise à définir les objectifs énergétiques dans les bâtiments en climat tropical humide dès la programmation (voir partie suivante).

Réalisé sous tableur EXCEL, il est simple et rapide d'utilisation. Il est composé de deux parties :

- Encadré en rouge : **données d'entrée**
- Encadré en vert : **données de sortie**

Concernant les données d'entrée, elles se répartissent en 3 catégories :

- Celles relatives au bâtiment, son usage et à l'enveloppe, entourées en **orange**
- Celles propres à la définition des équipements techniques de climatisation et ventilation, entourées en **violet**
- Celles précisant les niveaux de performance attendus des équipements (consommations) en **bleu**

Une version adaptée à LEKOL LOJIK est disponible.

Outil Reducalor Version 11 Septembre 2024

Localisation
Station météo : Cayenne
Secteur : Enseignement

Occupation
Densité d'occupants (n°/pers) : 10
Valeur d'ajustement occupation : 0

Géométrie
Surface utile totale (m²) : 3000
Nombre de niveaux : 2
Rapport Longueur / Largeur : 3.5
Taux de percement / plancher : 20%
Orientation façades principales : Est / Ouest

Protection solaire
Facteur solaire des murs : LEKOL LOJIK
Facteur solaire des baies : LEKOL LOJIK
Facteur solaire de la toiture : LEKOL LOJIK

Climatisation
Surface climatisée (%) : 15% (450 m²)
Température de consigne (°C) : 26
Fonctionnement du climatiseur : 7-18h, L-V
Installation : Centralisée DRV - Performant

Ventilation
VMC (m³/pers.h) (Planning) : 18 (Permanent)
Potentiel de ventilation naturelle : Décharge (15 vol/h)

Equipements
Brasseurs d'air : Performant
Ventilation : Niveau de base
Eau chaude sanitaire : Performant
Eclairage intérieur : Performant
Eclairage extérieur : Performant
Bureautique : Niveau de base
Froid alimentaire : Niveau de base
Chaud alimentaire : Niveau de base
Autres : Sans objet
Equip. spé. avec apports (W/m²) :
Equip. spé. sans apports (W/m²) :

Climatisation
Besoin (kWh/m²) : 119
Consommation (kWh/m²clim.an) : 30
Consommation (kWh/an) : 14

Consommation
67 Consommation surf. (kWh/m².an)

Ventilation naturelle
2836 Nombre d'heures annuel ≥ 30°C
32% Pourcentage de temps ≥ 30°C (%)
0.8 Surchauffe moyenne (°C)

	Climatisation	Ventilation naturelle	
	Besoin (kWh/m ²)	Horaires ≥ 30°C	% de temps ≥ 30°C
Janvier	14	15h-20h	25%
Février	6	15h-19h	21%
Mars	13	15h-19h	21%
Avril	7	14h-20h	29%
Mai	16	14h-21h	33%
Juin	14	15h-20h	25%
Juillet	0	14h-21h	33%
Août	0	13h-22h	42%
Septembre	17	13h-22h	42%
Octobre	14	12h-22h	46%
Novembre	11	13h-21h	38%
Décembre	7	14h-21h	33%

4 PRINCIPES FONDAMENTAUX

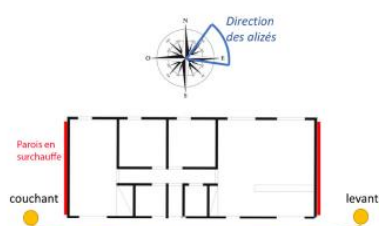
Quelques principes fondamentaux sont à respecter pour obtenir un bâtiment performant et peu énergivore. Ils sont déclinés dans la suite de ce document.

4.1 CONCEPTION BIOCLIMATIQUE

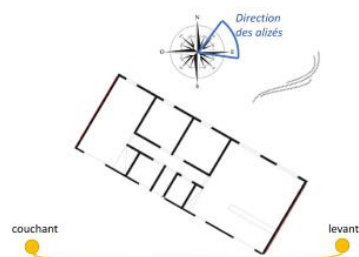
La conception bioclimatique d'un bâtiment se caractérise par sa capacité à tirer profit des conditions climatiques (vent et ensoleillement) pour optimiser les conditions de confort thermique et visuel au sein des locaux sans recours à la climatisation artificielle. L'objectif est d'obtenir, toutes choses égales par ailleurs, un bâtiment confortable avec des consommations énergétiques limitées.

Pour ce faire, on cherchera à :

- Privilégier autant que possible le traitement en ventilation naturelle des locaux (plutôt que la climatisation)
- Orienter les locaux en fonction de leur mode de rafraîchissement principal :
 - Les locaux en ventilation naturelle doivent tirer profit des vents principaux, qui en Guyane, viennent majoritairement de l'Est, et donc être si possible orientés vers l'Est et l'Ouest,
 - Les locaux climatisés sont à placer plutôt avec des orientations Nord et/ou Sud, où les apports solaires sont plus faibles.
 - On notera que pour les locaux en ventilation naturelle, l'orientation est choisie préférentiellement en fonction des vents et non de la limitation des apports solaires

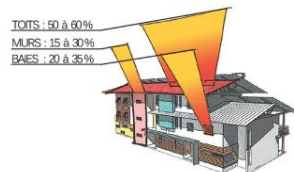


Orientation d'un bâtiment climatisé
Source : AQUAA 2020



Orientation d'un bâtiment en ventilation naturelle
Source : AQUAA 2020

- Protéger du mieux possible les locaux des apports de chaleur solaires, tout en tentant de conserver un accès à l'éclairage naturel :
 - Les teintes claires sont à privilégier en toiture et pour les parois verticales
 - Les toitures doivent être isolées, ou suffisamment décollées
 - Au Nord et au Sud, les casquettes, auvents ou débords de toiture sont à privilégier pour protéger façades et baies : des profondeurs minimales de l'ordre de 2 mètres sont conseillées
 - A l'Est et à l'Ouest, on s'orientera plutôt sur des solutions de brise-soleil vertical, plus adaptés pour protéger des « soleils bas »



- Assurer la circulation d'air au sein des locaux, selon plusieurs principes :
 - Rendre les locaux traversants, c'est-à-dire prévoir des ouvertures sur au-moins deux façades opposées voire adjacentes,
 - Assurer une porosité (taux d'ouverture) suffisantes : au minimum 30% pour les salles de classe,
 - Limiter les cloisonnements intérieurs ou entre pièces qui pourraient nuire à cette circulation,
 - Eviter les trop grandes distances entre ouvertures (idéalement : 10 mètres maximum)
 - Choisir des ouvrants adaptés, c'est-à-dire à forte capacité d'ouverture ; à ce titre, on privilégiera ainsi, aux ouvrants coulissants, les jalousies qui permettent d'ouvrir presque entièrement la baie et de réguler le flux en jouant sur les lames.



Logement traversant



Porosité importante des façades



Cloisonnement intérieur judicieux



Bâtiment de faible largeur

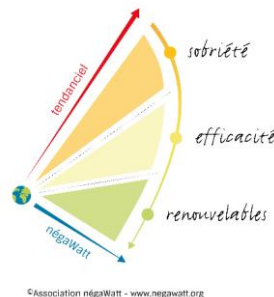


Ouvrants adaptés

4.2 GESTION DE L'ENERGIE

La démarche conceptuelle se basera sur le principe de la démarche **négaWatt** : « sobriété-efficacité-renouvelable » :

- **Sobriété** : il s'agit, pour un même service rendu de minimiser les besoins. Cela passe avant tout par un travail de conception visant par exemple à maîtriser les apports solaires ou de lumière par l'orientation et l'emplacement des locaux, et à optimiser le dimensionnement des équipements (éclairage, climatisation) et des systèmes.
- **Efficacité** : le principe est d'opter, pour chaque usage final, pour le système le plus performant possible.
- **Renouvelables** : le fondement final de la démarche consiste à utiliser des ressources renouvelables (énergie solaire ...) ou recyclables pour satisfaire les usages ainsi optimisés par les deux phases antérieures.



4.3 VENTILATION OU CLIMATISATION DES LOCAUX

4.3.1 DES ENJEUX FORTS

La climatisation de locaux représente en Guyane une consommation de l'ordre de 50 à 100 kWh/m²/an. Ce ratio peut être encore plus important pour des salles de classe où les apports de chaleur liés à l'occupation sont plus importants.

D'une manière générale, la climatisation constitue généralement le poste le plus important de la facture énergétique et pèse entre 50 à 80% des consommations d'un groupe scolaire. Il est donc essentiel de se poser initialement la question de la pertinence de climatisation de certains locaux,

4.3.2 REVERSIBILITE DES LOCAUX : CLIMATISATION VERSUS VENTILATION NATURELLE

Pour limiter les consommations liées à la climatisation, l'idée de concevoir des locaux dits réversibles et capables de fonctionner également en ventilation naturelle semble de prime abord intéressant. Via ce concept, les locaux seraient climatisés les jours très chauds (en saison sèche principalement) et utilisés en ventilation naturelle lorsque le climat extérieur est plus clément et venteux (saison des pluies par exemple).

Mais devant cette solution un peu « fourre-tout » qui tend à se généraliser, il peut être intéressant de s'interroger sur sa réelle pertinence pour de nombreux locaux :

- Tout d'abord, la conception d'un local climatisé n'est pas la même que celle d'un local en ventilation naturelle. Dans ce dernier cas, pour chercher correctement les vents, il serait plus pertinent d'orienter la façade face aux vents principaux, souvent à l'Est, ce qui est

une mauvaise orientation pour limiter les apports solaires et réduire les besoins de climatisation. Si l'on fait le choix inverse de s'orienter plutôt face au Nord et/ou Sud pour optimiser les apports solaires, le risque est de ne pas profiter suffisamment des vents, et de devoir fortement augmenter la porosité pour augmenter la circulation de l'air et par conséquent augmenter les surfaces vitrées ou libres sources d'apports solaires...

- Ensuite, un local climatisé n'a pas forcément besoin d'autant de baies vitrées qu'un local en ventilation naturelle. Il est même conseillé d'optimiser la surface pour satisfaire au mieux à la recherche d'un bon éclairage naturel sans pour autant augmenter les apports de chaleur par les vitrages.
- De plus, l'étanchéité à l'air des ouvrants utilisés pour la ventilation naturelle (bien souvent de type Naco) est moins bonne que des ouvrants plus classiques que l'on peut utiliser dans des locaux climatisés (coulissant, à la française...).
- Et enfin, on constate bien souvent une forte habitude à l'utilisation de la climatisation qui fait que l'usage en mode ventilation naturelle est au final plutôt limité : les éventuels gains de « non climatisation » deviennent alors des pertes du fait de locaux qui ne sont pas adaptés à la climatisation.

Aussi, cette recherche du « en même temps » n'est probablement pas toujours des plus judicieuse et il est probablement préférable d'assumer le choix de la climatisation pour certains locaux et d'optimiser en conséquence leur conception. D'autant que l'utilisation de la climatisation au détriment de la ventilation naturelle est parfois tout à fait justifiée : acoustique des locaux bien meilleure, confort plus aisé dans le cas de locaux mal venté.

5 HAUTE PERFORMANCE ENERGETIQUE : NIVEAUX D'EXIGENCES REQUIS

Ce chapitre décline, pour diverses thématiques et points d'approche de la conception, les exigences qualitatives et quantitatives nécessaires à la réalisation d'un projet à haute performance énergétique.

5.1 INSCRIPTION DANS LE SITE & VEGETALISATION DES ESPACES

5.1.1 SITE D'IMPLANTATION

Le point de départ d'une démarche de conception bioclimatique consiste en l'analyse environnementale du site.

C'est une étape préalable essentielle pour bien cerner les contraintes et potentialités du site (nuisances acoustiques et olfactives, qualité d'air, ombres portées, gisement venteux...). Elle permet d'initier la démarche environnementale en identifiant les caractéristiques du projet dans son échelle locale et globale. Les atouts et contraintes ainsi identifiés permettront d'effectuer les choix primordiaux qui orienteront le projet vers une conception avisée et plus respectueuse de l'environnement.

5.1.1.1 Aménager dans l'optique d'un développement durable

- Assurer un développement urbain durable : évaluer les besoins en énergie, assainissement, déchets, ressources en eau et services disponibles
- Gérer les contraintes environnementales locales à travers l'aménagement de la parcelle par rapport :
 - Au tissu urbain et à la voirie existante : entrées/sorties (positionnement selon les orientations), gestion des flux pour favoriser les déplacements doux
 - Aux dispositifs prévus pour réduire l'impact des nuisances sonores de l'environnement (routes, aéroport, zones d'activités...) par la création des protections acoustiques (relief, murs, massifs)
 - A la prise en compte des incidences sur la santé en matière de nature du sol (pollutions éventuelles), aux risques d'inondations, aux pollutions de l'air et pollutions électromagnétiques (téléphonie, lignes électriques aériennes, ...)
 - Aux éléments climatiques pour assurer la durabilité des ouvrages : intégrer la contrainte de l'environnement dans le choix des matériaux selon les orientations

5.1.1.2 Créer un cadre de vie extérieur agréable

- Favoriser la qualité d'ambiance des espaces extérieurs pour les usagers à l'échelle de la parcelle par :
 - L'aménagement de zones ombragées et ventilées,
 - La réduction de l'éblouissement des usagers (albédo du sol, couleur des façades),
 - L'atténuation des contraintes sonores extérieures
- Protéger de la pluie les cheminements et liaisons
- Prévenir les gîtes larvaires
- Améliorer la micro-climatique au niveau de la parcelle et limiter ainsi le phénomène d'îlot de chaleur urbain

5.1.1.3 Limitier les impacts de l'ouvrage sur le voisinage

- Respecter le droit au soleil, à la lumière, aux vues de qualité du voisinage et au vent

- Intégrer le projet dans un contexte architectural, urbain physique, social et culturel
- Limiter l'impact de pollutions éventuelles liées
- Gérer les déchets pour éviter tous risques sanitaires et inconfort olfactif

5.1.1.4 **Créer un environnement favorable à la biodiversité**

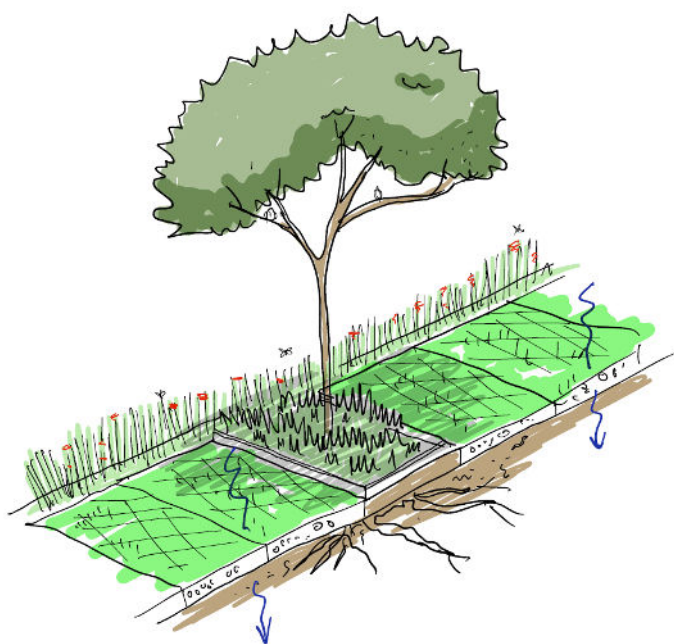
- Obtenir le meilleur rapport possible entre la surface végétalisée et la surface totale de la parcelle (végétalisation des abords de l'ouvrage, des façades, des toitures, ...)
- Assurer l'habitat biologique des espèces
- Utiliser des espèces indigènes
- Conserver les niches écologiques lorsqu'elles existent

Justificatifs attendus au concours

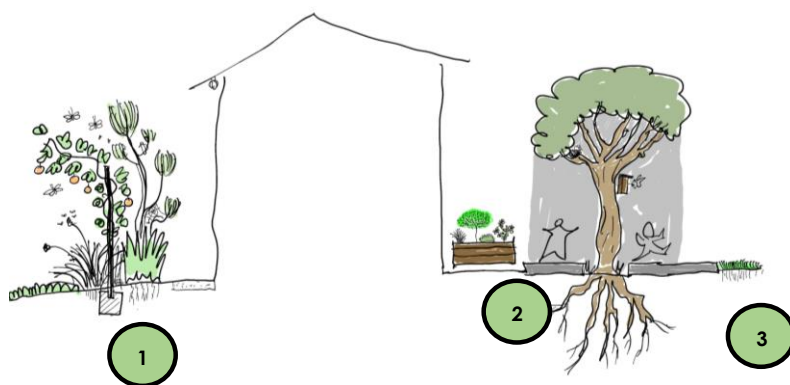
- Note appuyée sur un plan de masse, précisant la stratégie globale employée en fonction de la course solaire, des masques, des vents, de la pluie et des contraintes acoustiques.
- Pourcentage de surface végétalisée

5.1.2 **AMENAGEMENTS PAYSAGERS**

- Favoriser la végétalisation des pieds de façade pour limiter la réverbération et intimiser les rez-de-chaussée ; Idéalement : au-moins 50% de la périphérie végétalisée
- Utiliser les reculs réglementaires des limites parcellaires pour intégrer des lieux d'usage (jardin thématique, jardin partagé) qui participeront à la fois au projet pédagogique
- Limiter les engazonnements aux lieux d'usage car ils nécessitent de l'entretien et offrent peu de biodiversité
- Faire participer la parcelle de l'école à la trame verte et bleue en fonction de sa position géographique et a minima la faire participer à la végétalisation du quartier
- Dimensionner les parkings en tenant compte d'une vraie place pour l'arbre, a minima de la taille d'une place de parking en y associant une strate basse (couvre-sol, massif)

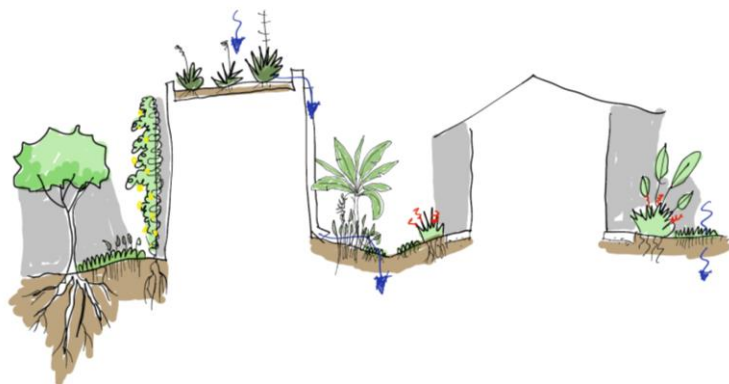


- Privilégier les haies végétales mixant plusieurs espèces végétales pour favoriser la résilience et la biodiversité ①
- Intégrer les espèces végétales ayant un écho dans la culture Guyanaise (le jardin médicinal, le jardin créole) en veillant sur la non-toxicité de ces dernières ②
- Mettre des arbres d'ombrage dans les cours pour le confort et le maintien de la biodiversité ③



- Privilégier des jardins entre bâtiments plutôt que des zones imperméabilisées
- Rendre visible le cycle de l'eau (caniveau, jardin de pluie...)
- Privilégier le génie végétal pour la gestion du maintien des talus, les protections de façade exposés (filet inox avec plantes grimpantes), les protections solaires en

corrélation avec les choix architecturaux, les toitures végétalisées avec des végétaux endémique (couvre-sol, épiphytes...)



- Conserver autant que possible des zones du terrain initial en fonction du projet afin de conserver le couvert végétal existant et la banque de graine associée pour une reprise plus rapide

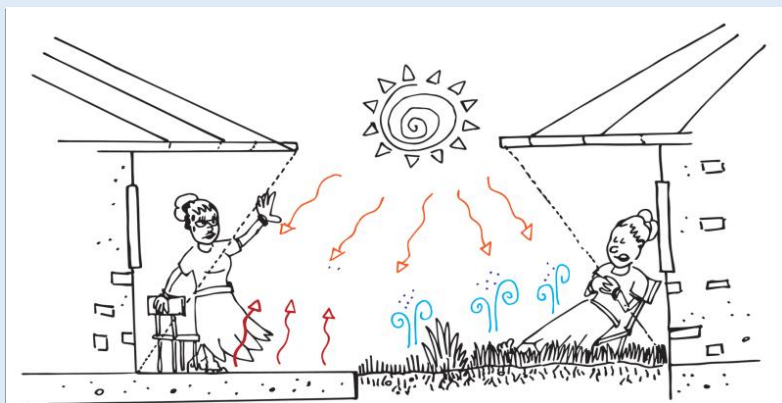
Justificatifs attendus au concours

- Note appuyée sur un plan de masse, précisant la stratégie globale adoptée pour traiter les espaces paysagers.

5.1.2.1.1 FOCUS : Végétalisation versus bitume

L'avantage d'une végétation environnante ne se limite pas qu'aux masques solaires. Un espace engazonné proche des murs sera toujours préférable aux matériaux tels que :

- le gravier ou le béton, qui vont réfléchir le rayonnement solaire sur les murs,
- le bitume, qui va emmagasiner la chaleur et la restituer plus tard au bâtiment.



Commenté [LP1]: Je ne sais pas si ce schéma est essentiel (c'est pour l'habitat)

Plusieurs raisons à cela : de telles surfaces peuvent empêcher l'eau de s'infiltrer dans la terre ce qui en outre augmente les risques d'inondation, même temporaires.

De plus, elles chauffent au soleil et contribuent à l'inconfort thermique du bâtiment. Cette chaleur accumulée est ensuite restituée aux murs et éléments environnants.

Au contraire, une pelouse par son évapotranspiration est capable de réguler sa température à maximum 40°C quand elle ne manque pas d'eau, elle est un bien meilleur choix pour réduire les apports de chaleur sur les abords du bâtiment.

Aussi, il est conseillé de protéger efficacement le sol autour du bâtiment de l'ensoleillement direct sur au moins les trois quarts de sa périphérie (hors mitoyenneté), sur une bande d'au moins 3 mètres de large.

Pour ce faire, on peut recourir :

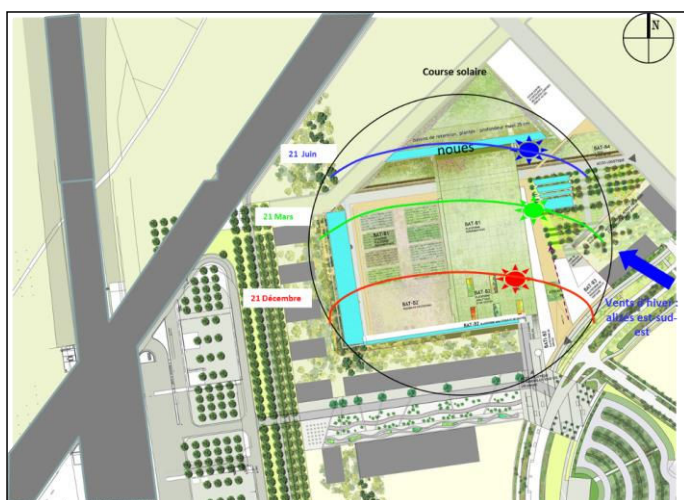
- à la végétalisation basse existante (pelouse, fleurs, parterre),
- dans une moindre mesure, une solution d'écran solaire à l'écart des murs, pour protéger les abords du rayonnement solaire direct (haie, muret, ...)

Mais la création d'espaces végétalisés recèle d'autres avantages. Il permet ainsi de maintenir une certaine continuité dans la biodiversité nécessaire à l'équilibre environnemental d'un territoire. Il permet également de maintenir un microbiote indispensable au renforcement de la santé et de l'immunité des enfants. Certaines expériences menées en Finlande ont ainsi mis en avant un effondrement de pathologies inflammatoires (asthme, pneumopathie, ...) chez les élèves d'établissements dont les espaces extérieurs avaient été revégétalisés.

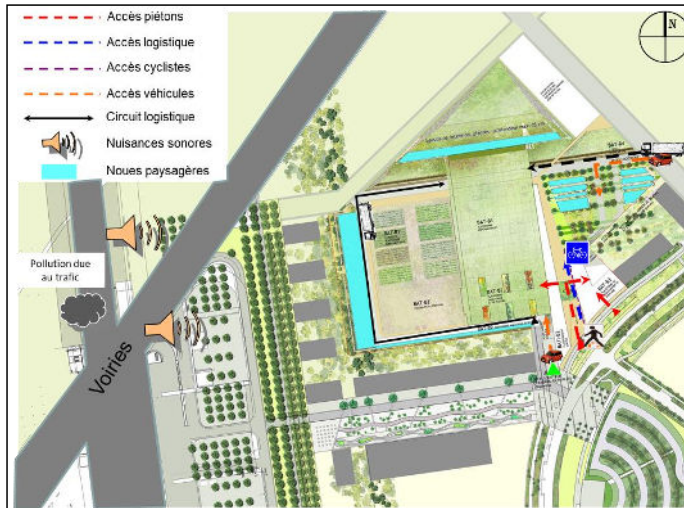
On pourra ainsi se référer aux spécifications suivantes :

- La végétation buissonnante et herbacée est séparée du bâtiment par un couloir d'entretien.
- Les arbustes et palmiers de moins de 7 m sont implantés à 3 m minimum du débord de toiture et les arbres à 5 m minimum

5.1.3 EXEMPLES DE RENDUS



Exemple de plan masse climatique



Exemple de plan masse urbain

5.2 STRATEGIE BIOCLIMATIQUE & CHOIX CONSTRUCTIFS

5.2.1 VENTILATION NATURELLE

Justificatifs attendus au concours

- Note complétée d'un plan précisant les choix quant à l'emplacement des différentes zones traitées (locaux en ventilation naturelle ou climatisés) ;
- Description du principe de gestion des ouvrants dans le cas des locaux traités en ventilation naturelle.

Afin de limiter les consommations électriques, la climatisation mécanique devra être limitée à son strict minimum. Il lui sera préféré un rafraîchissement par ventilation naturelle dans la majeure partie des locaux et obligatoirement dans les salles de classe. Pour les périodes moins ventées, elle pourra être assistée par l'utilisation de brasseurs d'air performants.

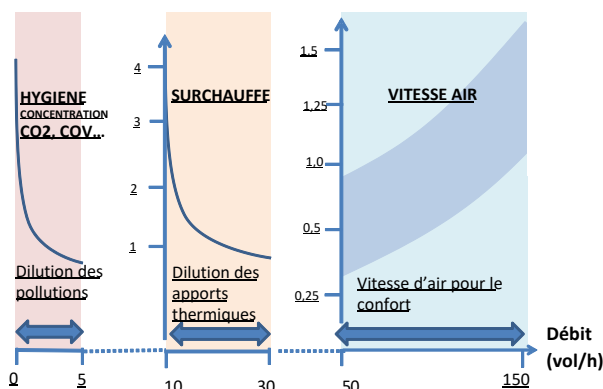
La ventilation naturelle d'un bâtiment a divers objectifs conceptuels :

- un objectif minimal d'apporter de **l'air neuf hygiénique** aux occupants et **d'évacuer les apports de chaleur climatiques et internes** aux bâtiments (niveau de renouvellement d'air minimal **de 15 volumes/heure**) ;
- un objectif supplémentaire éventuel d'apporter du confort hygrothermique en saison chaude en permettant de créer **des vitesses d'air suffisantes (objectif idéal de 1 m/s)** sur les occupants des bâtiments permettant d'abaisser la température ressentie par ceux-ci : 4 °C de gain environ de température ressentie pour cette vitesse d'écoulement d'environ 1 m/s.

Le graphique ci-contre explicite les trois dimensions de la ventilation et donne les ordres de grandeur des débits correspondant à chacune de ces fonctionnalités.

Les locaux concernés devront être particulièrement étudiés pour minimiser les apports de chaleur et permettre une ventilation suffisante pour chasser les calories restantes.

Les 3 dimensions de la ventilation



Aussi, le confort thermique d'un individu est un concept :

- ✓ global
- ✓ subjectif et comportemental
- ✓ sociologique et culturel
- ✓ psychologique et physiologique
- ✓ évolutif : l'être humain peut s'adapter

Les critères qui le caractérisent dépendent donc en partie de l'individu et de sa personnalité, de son comportement, de son habillage ou de son état psychologique. Mais les conditions

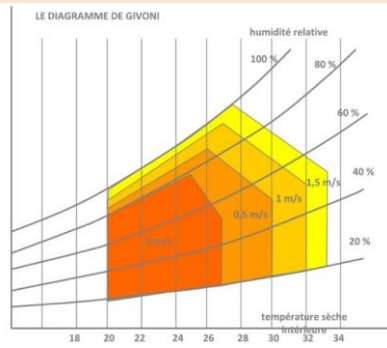
climatiques dans lesquelles se trouve cet individu, et en particulier **la température et l'humidité** du lieu, régissent en grande partie les bonnes conditions d'évolution de cette personne dans son environnement.

Le diagramme de Givoni permet de tracer sur un diagramme psychométrique (humidité en ordonnée, et température en abscisse) des plages de confort, qui dépendent notamment de la vitesse d'air.

On parlera ainsi de zone de confort thermique, qui a été définie à partir d'études expérimentales sur des individus acclimatés, vêtus d'une tenue légère simple, au repos ou en activité légère, dans un local sans ventilation.

Les résultats ont montré qu'elle se situait entre une température de **20 et 27°C d'un côté, et entre 20 et 80%** d'humidité de l'autre, comme le montre le diagramme de l'air humide ci-contre.

Le respect des deux conditions est quasiment inévitable pour apporter des garanties de confort minimal.



Les exigences conceptuelles sont détaillées ci-dessous :

5.2.1.1.1 Emplacement / zonage / orientation (vis-à-vis de la course solaire et du vent)

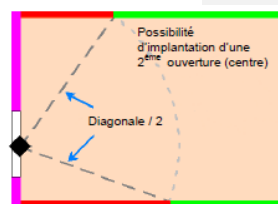
L'emplacement des locaux devra être à même de favoriser la ventilation naturelle en veillant à minimiser les apports solaires les plus défavorables (Est et Nord pour les locaux à occupation partielle, par exemple). Aussi, ils pourront être regroupés pour fonctionner dans une zone de ventilation homogène, et limiter les problèmes de contiguïté entre locaux éventuellement climatisés et locaux ventilés.

5.2.1.1.2 Porosité des façades

Les locaux devront être autant que possible traversants, c'est-à-dire qu'ils devront a minima, sauf en cas de contrainte forte à justifier, posséder deux façades ouvertes sur l'extérieur. L'agencement intérieur devra en outre permettre un balayage sans encombre du ou des locaux concernés.

Chacune des deux façades devra avoir un taux de porosité a minima fixé selon le tableau ci-dessous. En cas de façades adjacentes (bâtiment en angle), la distance entre le centre des ouvrants les plus proches devra être au-moins égal à la moitié de la diagonale de la pièce.

On distinguera les locaux à forte occupation, tels que les salles de classe, réfectoire, bibliothèque, avec généralement des profondeurs des locaux plus classiques tels que les bureaux.



La méthode de calcul proposée est la suivante :

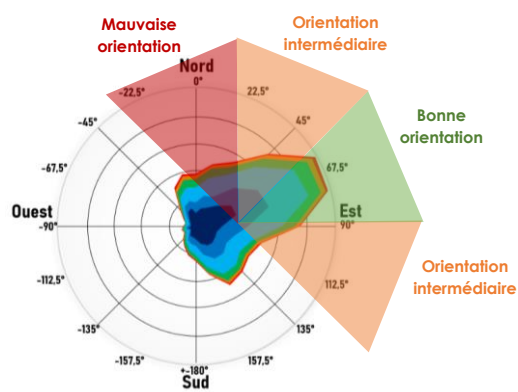
Porosité P (%) = rapport entre la surface d'ouvrant (So) ramenée à la surface de plancher (Sp)

Porosité P à atteindre So/Sp	Locaux à forte occupation et profondeur > 5 m				Locaux classiques à faible occupation ou profondeur < 5 m
Façade concernée ou local non traversant	Façade au vent	Façade sous le vent	Local non traversant avec ouvertures dans parois latérales	Local non traversant sans ouverture dans parois latérales	
Orientation					
Bonne orientation*	12%	14%	14%	16%	10%
Intermédiaire*	14%	16%	16%	18%	12%
Mauvaise orientation*	16%	18%	18%	20%	14%

* Bonne orientation : façade principale perpendiculaire au vent, orientée face à l'ENE +/- 22,5°

* Mauvaise orientation : façade principale dans l'axe du vent, orientée face au NNO +/- 22,5°

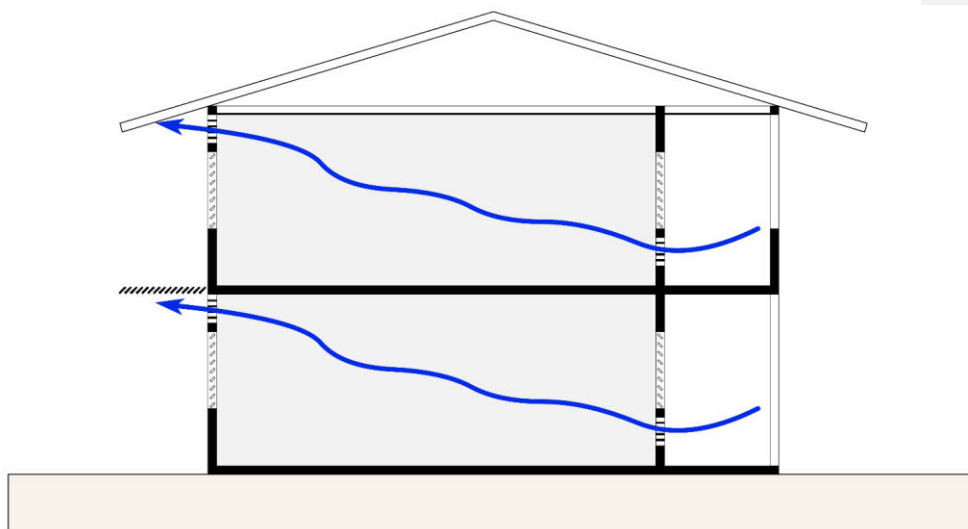
* Intermédiaire : orientations entre bonne et mauvaise, face au NNE ou ESE +/- 22,5°



5.2.1.1.3 Autres prescriptions

5.2.1.1.3.1 Disposition des ouvrants

Idéalement, les ouvrants de la façade sous le vent seront disposés plus haut que ceux situés sur la façade au vent afin de favoriser le tirage.



Prise d'air au vent en partie basse et évacuation de l'air en partie haute

5.2.1.1.3.2 Bâtiments à étages

Les bâtiments à étages peuvent constituer une solution intéressante pour :

- Limiter l'emprise au sol
- Réduire la proportion d'apports solaires par la toiture sur la globalité du projet
- Profiter au mieux des vents plus élevés en hauteur
- Réduire le blocage des vents par les bâtiments en choisissant par exemple des bâtiments de plain-pied au vent et à étages ensuite

5.2.1.1.3.3 Perméabilité à l'air

La fermeture de toutes les ouvertures (sauf celles en partie haute) devra être possible pour les périodes plus fraîches ou pour éviter la pluie chassante.

5.2.1.1.3.4 Brasseurs d'air

Des brasseurs d'air, dont les exigences sont précisées au paragraphe suivant, seront à prévoir dans les locaux à raison de :

- **1 pour 15 m² de surface**

Leur implantation, notamment dans les salles de classe, devra être réalisée en étudiant l'impact sur les points d'éclairage, notamment pour éviter tout effet de lumière stroboscopique.

5.2.1.1.3.5 Mises en garde et retours d'expérience

- Un compromis est à trouver entre les ouvertures nécessaires à la ventilation naturelle et le besoin d'espace réservé pour l'affichage des supports pédagogiques, les dessins des élèves
- Pour limiter la capacité d'intrusion de la faune, des moustiquaires sont en général à envisager sur les parties demeurant ouvertes ; elles doivent être prises en compte dans le calcul du taux d'ouverture
- Attention à l'usage généralisé de ventelles opaques qui peuvent limiter fortement l'accès à la lumière naturelle et créer de mauvais ressentis, voir des gênes importantes
- Porter une attention particulière à la qualité des fermetures des ouvrants pour qu'elles restent correctement manipulables dans le temps
- Tenir compte dans le positionnement et le choix des ouvrants, à leur éventuel empiètement sur les circulations extérieures, pour ne pas risquer les blessures des enfants ou qu'elles deviennent condamnées

5.2.2 ESPACES CLIMATISÉS

De la même manière, la démarche concernant l'ensemble des locaux traités en climatisation artificielle devra inclure les exigences suivantes. Voir également le paragraphe « les espaces climatisés » dans « équipements techniques ».

5.2.2.1.1 Emplacement / zonage / orientation (vis-à-vis de la course solaire)

Les choix liés à l'emplacement et le zonage des locaux devront être faits en prenant en compte des paramètres tels que la destination, l'occupation ou les exigences hygrothermiques de ces locaux. Ainsi, on cherchera, tant que faire se peut, à regrouper les locaux à forts besoins de climatisation pour minimiser les échanges thermiques avec des milieux plus chauds. On veillera également à choisir une orientation favorable pour les locaux occupés de manière ponctuelle, en fonction de la période d'occupation (matin, après-midi) et des apports solaires extérieurs.

Enfin, les frontières entre les zones climatisées et les zones traitées en ventilation naturelle devront être clairement identifiées (risque de condensation et de pathologies sur parois de séparation)

5.2.2.1.2 Autres prescriptions

5.2.2.1.2.1 Perméabilité à l'air

Pour éviter les apports d'air par les feuillures, les ouvrants en contact avec l'extérieur (vitrage et portes) devront posséder une classe d'étanchéité au-moins égale à A2.

5.2.2.1.2.2 Brasseurs d'air

Des brasseurs d'air, dont les exigences sont précisées au paragraphe suivant, pourront être envisagés pour réduire les consommations de climatisation via une augmentation de la consigne, voire en saison fraîche, de n'utiliser que ces derniers. Quantité :

- 1 pour 15 m² de surface

5.2.2.1.2.3 Mises en garde et retours d'expérience

- A noter que le choix de la climatisation pourra parfois se justifier pour réduire les nuisances acoustiques dans des zones sensibles.
- Tenir compte dès la conception des dysfonctionnements usuellement rencontrés avec les équipements de climatisation : pannes fréquentes (risques d'inconfort), maintenance souvent insuffisante, mauvaise utilisation des télécommandes

5.2.3 PROTECTION SOLAIRE

Le traitement du bâti (enveloppe du bâtiment) va jouer un rôle important sur plusieurs objectifs : confort hygrothermique (pas de sensation de chaleur), acoustique (atténuation des bruits environnants et d'impact), mais aussi et bien sûr la gestion de l'énergie (réduction de la quantité de chaleur à traiter).

En termes de performance thermique, celle d'un bâtiment se caractérise par son facteur solaire. Celui-ci traduit la capacité d'une paroi à transmettre toute ou partie de l'énergie qu'elle reçoit et correspond au rapport (en %) entre l'énergie transmise à l'intérieur du local et l'énergie solaire reçue sur la face extérieure de cette paroi.

Justificatifs attendus au concours

- Un tableau descriptif (à remplir selon le cadre fourni au programme) des parois du projet (composants + performance thermique) ;
- Un extrait de coupe détaillée pour une salle de classe au 1/50ème sur une façade type -y compris toiture- du projet faisant apparaître notamment :
 - précisions sur les matériaux mis en œuvre
 - type et épaisseur d'isolant
 - conception des protections solaires
 - types de baies
 - autre selon projet architectural

5.2.3.1 Exigences

Les exigences thermiques par paroi sont données ci-dessous :

Cibles		Orientation	Facteur solaire maximum (%)	
Paroi horizontale		-	1,5*	
Paroi verticale**	Murs	Nord / Sud	7	
		NE / NO / SE / SO	6,5	
		Est / Ouest	6	
	Ouvrants	Nord / Sud	40 (local climatisé) / 60 (local non climatisé)	
		NE / NO / SE / SO	35 (local climatisé) / 50 (local non climatisé)	
		Est / Ouest	30 (local climatisé) / 40 (local non climatisé)	

*avec α (alpha) à 0,6 minimum même en cas de toiture claire afin de prendre en compte l'encreusement.

** paroi dont l'inclinaison est inférieure à 60°

Le facteur solaire S se calculera selon la méthode proposée en annexe 1.

A noter qu'un facteur solaire global peut aussi être envisagé selon la méthode de l'annexe 2 afin de compenser d'éventuels manques sur certaines parois.

5.2.3.2 Exemples de cas courants

En guise d'illustration, plusieurs typologies courantes de parois sont données ci-après, avec pour chacune d'entre elles la valeur de performance équivalente.

5.2.3.2.1 Toitures

Tôle teinte claire ou moyenne + isolant 10 cm + faux plafond*	FS = 1,5 %
Tôle teinte sombre + isolant 14 cm + faux plafond*	FS = 1,5 %
Tôle teinte claire ou moyenne, surventilée** + dalle haute béton 10 cm + faux plafond*	FS = 1,0 %
Étanchéité souple + isolant 11 cm + platelage bois 2 cm	FS = 1,5 %

* dalle en laine de roche (épaisseur 2 cm) - ** taux d'ouverture supérieur à 20% (voir partie « 7.1.1.1-Paroi horizontales » de l'annexe 1)

5.2.3.2.2 Murs

Nota : Les calculs sont ici réalisés avec des débords prolongés sur les côtés d'une longueur égale à la profondeur. La mise en place de brise-soleils verticaux (ventilés selon RTAA) devant les murs rend conforme toute parois classiques, sans débord

Toutes parois teinte claire ou moyenne	Brise-soleil vertical ventilé	Conforme
Béton 15 cm + enduit 2 faces, teinte claire	Débord profondeur 1,5 m	FS = 4,7 à 5,3 %
Parpaings creux 15 cm + enduit 2 faces, teinte claire	Débord profondeur 1 m	FS = 4,6 à 5,1 %
Briques de terre crue	Débord profondeur 1 m	FS = 4,6 à 5,1 %
Clin bois épaisseur 2 cm, teinte claire	Débord profondeur 2 m	FS = 5,2 à 5,7 %

Double peau bois, lame d'air 2 cm, teinte moyenne	Débord profondeur 1 m	FS = 5,2 à 5,7 %
--	------------------------------	-------------------------

Remarques :

- La teinte sombre (et noire) est proscrite pour les murs. En cas de clins bois simples sombres, envisager une mise en peinture
- La double peau bois est également conforme sans débord, soit avec une teinte claire, soit en remplaçant la lame d'air par de l'isolant
- En teinte moyenne, le clin bois simple n'est pas conforme pour certaines orientations, quel que soit le débord

5.2.3.2.3 Ouvrants, locaux en ventilation naturelle

Nota : les calculs sont ici réalisés pour des ouvrants de 1m x 1m, avec prolongement latéral des débords de 2m, sauf pour le cas des casquettes, avec prolongement latéral de 0,2 m au Nord et Sud et 0,5 m à l'Est et l'Ouest. Mais chaque paramètre (hauteur d'ouvrants, distance à la protection, prolongements latéraux...) a une influence notable sur le calcul du facteur solaire de la protection, qui devra être réalisé au cas par cas avec « l'outil Cm » de la RTAA.

5.2.3.2.3.1 Orientation Nord/Sud

Ventelles type Naco	Débord profondeur 2 m à 1 m de hauteur	FS = 50 à 56 %
Ventelles type Naco	Casquette profondeur 1 m à 0,1 m de hauteur	FS = 55 à 59 %
Ventelles bois teinte moyenne	Pas de débord	FS = 37 %
Coulissants métalliques	Débord profondeur 2 m à 1 m de hauteur	FS = 45 à 50 %

5.2.3.2.3.2 Orientation Est/Ouest

Ventelles type Naco	Casquette profondeur 2 m à 0,1 m de hauteur	FS = 36 à 38 %
Ventelles type Naco	Brise-soleil vertical ventilé	FS = 26 %
Ventelles bois teinte moyenne	Pas de débord	FS = 37 %
Coulissants métalliques	Débord profondeur 3 m à 1 m de hauteur	FS = 40 %

Remarques :

- La mise en place de brise-soleils verticaux (ventilés selon RTAA) devant les ouvrants les rend conformes
- A l'Est et à l'Ouest, des débords profonds (3 m) situés à 1 m de distance ne suffisent généralement pas à protéger les ventelles de type Naco
- A l'Est et l'Ouest, le prolongement latéral des casquettes améliore sensiblement la protection
- Les ouvrants à double vitrage ne sont pas suggérés ici, notamment pour les locaux en ventilation naturelle, mais leurs facteurs solaires propres sont légèrement plus faibles que ceux à simple vitrage

5.2.4 CONFORT DANS LES ESPACES EXTERIEURS

Le projet s'attachera à offrir des bonnes conditions de confort dans les espaces extérieurs, notamment par :

- La protection des accès
- L'implantation des circulations à l'abri de la pluie et du soleil

Ainsi, on veillera à proposer :

- Des coursives importantes entre les bâtiments
- Un (des) grand(s) préau(x)
- Un plateau sportif couvert si prévu dans le projet
- Une sanctuarisation des espaces pour limiter les accès extérieurs

5.2.4.1.1 Mises en garde et retours d'expérience

- Eviter les auvents en tôle situés à une hauteur trop faible, générant des surchauffes trop importantes.

5.3 EQUIPEMENTS TECHNIQUES & EFFICACITE ENERGETIQUE

Une bonne gestion de l'énergie passe donc par ces 3 niveaux de préoccupation :

- La sobriété dans les consommations
- Le choix d'équipements performants
- L'utilisation d'énergies renouvelables

La sobriété implique un travail d'optimisation des besoins, afin d'éviter un gaspillage énergétique. Dans le cas présent, cela se traduit par, outre une sensibilisation du personnel et des usagers, le choix d'un bâti performant pour limiter les déperditions de climatisation et l'utilisation de l'éclairage naturel.

Le concepteur devra également effectuer un dimensionnement adéquat des appareils de climatisation (pas de surdimensionnement inutile), donner la préférence à des solutions naturelles (éclairage et ventilation) et une gestion appropriée des oublis (horloge). Une grande performance énergétique des équipements sera exigée.

Enfin, le choix de production d'énergie renouvelable sera a minima étudié pour l'eau chaude sanitaire.

5.3.1 VENTILATION HYGIENIQUE

5.3.1.1 Généralités

La ventilation des locaux occupés est nécessaire car l'air ambiant des bâtiments se pollue rapidement : humidité, poussières, graisses de cuisson, odeurs, fumées de cigarette, mais aussi COV, notamment formaldéhydes (issus des peintures, vernis, produits ménagers...). Ce phénomène est accentué dans certains bâtiments du fait de l'étanchéité à l'air élevée des menuiseries.

La ventilation peut être naturelle ou mécanique. Dans ce dernier cas, elle s'appelle Ventilation Mécanique Contrôlée ou VMC. Le débit de ventilation est alors maîtrisé et peut limiter les consommations de climatisation du bâtiment si celui-ci est suffisamment étanche à l'air par ailleurs.

La VMC peut donc être une bonne solution pour limiter les consommations de climatisation d'un bâtiment climatisé tout en assurant une bonne qualité d'air.

5.3.1.2 Objectifs

Le ratio d'énergie consommé pour convoyer **1 m³ d'air** par l'installation d'un système de ventilation hygiénique (VMC ou autre) ne doit pas excéder **0,25 Wh** pour les simple-flux.

A ce titre, il sera privilégié la ventilation naturelle par les ouvrants, et la disposition de pièces d'eau en façade sous le vent autant que faire se peut.

5.3.1.3 Principes de mise en œuvre

Lorsque les locaux sont non étanches, par exemple lorsque les ouvrants sont des jalousies (ou naco), l'apport d'air extérieur sera suffisant et l'installation d'entrées d'air spécifiques supplémentaires ne sera pas nécessaire.

Dans le cas des locaux climatisés, une amenée d'air neuf devra être introduite en insufflation, soit via un ventilateur spécifique, soit via une CTA (Centrale de Traitement d'Air) diffusant l'air directement dans le local concerné ou en transitant par l'unité intérieure.

5.3.1.4 Informations complémentaires

Les débits de renouvellement d'air en m³/h selon le type d'activité du bâtiment sont fixés par différents textes en France, notamment le règlement sanitaire départemental.

5.3.2 ESPACES CLIMATISÉS

5.3.2.1 Généralités

Trois types d'installations pourront être envisagées :

- Les solutions centralisées à eau glacée
- Les solutions centralisées de type DRV (ou VRV)
- Les solutions individuelles, type split-system (mono-split...)

Cependant, les solutions individuelles seront acceptées pour des surfaces totales limitées de locaux.

Les appareils mobiles sont à proscrire.

Les critères de sélection dépendent :

- De l'adaptation de la technologie choisie en fonction de la surface et de la destination des locaux
- De la performance intrinsèque de la production de froid
- Du bon positionnement de la production de froid vis-à-vis du projet architectural (protections, distances...)
- De la qualité des équipements annexes (circulateurs, isolation...)
- Des possibilités de régulation et de gestion des appareils
- Du bon dimensionnement de l'installation
- De l'entretien/maintenance futur des équipements

Le tableau ci-après présente synthétiquement les 3 solutions envisageables (bien que celle à eau glacée est moins adaptée à de petites installations) :

	Climatisation centralisée Eau glacée	Climatisation centralisée DRV	Climatisation individuelle
Technologie, qualité	Type industriel. Durée de vie : 20 ans.	Matériel professionnel. 12 à 15 ans.	Type « grand public ». Durée de vie : 7 ans
Prestations	Déshumidification faible. Filtration de l'air.	Bonne déshumidification.	Bonne déshumidification.
Installation, mise en service	Technicité importante. Réseau distribution. Groupe Froid par frigoriste.	Technicité moyenne à importante. Exigences de formation.	Technicité moindre. Filière métier pas toujours bien maîtrisée.
Encombrement, esthétique	Local technique. Condenseur extérieur. Unité intérieure intégrable.	Unité extérieure en toiture ou intégrable en local technique. Unité intérieure intégrable.	Unité extérieure en façade ou toiture. Unité intérieure apparente.
Niveau sonore	Nuisance limitée aux zones techniques.	Nuisances déportées en toiture ou autres.	Nuisances à proximité de l'unité extérieure.
Gamme de puissance	A partir d'une dizaine d'unités intérieures. Dimensionnement sur les besoins foisonnés, économie de 30% de la puissance. Possibilité de stockage froid.	De 16 à 64 unités intérieures, soit de 5 kW à 100 kW. Dimensionnement sur les besoins foisonnés, économie de 30% de la puissance.	Jusqu'à une dizaine de kW. Surpuissance pouvant aller jusqu'à 60%.
Régulation	Etalement de puissance.	Technologie inverter. Régulation fine et bonnes performances à charge partielle.	Technologie inverter en voie de généralisation.
Conduite et maintenance	Maintenance en grande partie hors locaux occupés. Nombre plus élevé de composants. Risques de condensation.	Maintenance en grande partie hors locaux occupés.	Maintenance en locaux occupés. Mise en régime rapide.
Commande locale	Réglage local des vitesses des ventilateurs. Régulation de la température d'eau de départ.	Réglage des vitesses des unités intérieures. Adaptation précise aux besoins de froid.	Réglage des vitesses des unités intérieures. Adaptation précise aux besoins de froid.
Récupération d'énergie	Production ECS sur condenseur.		

La classe d'efficacité énergétique d'un climatiseur est définie à partir de son niveau de rendement énergétique (EER) déterminé conformément aux procédures d'essai des normes harmonisées.

Le SEER (Seasonal Energy Efficiency Ratio ou coefficient d'efficacité énergétique saisonnier) définit aujourd'hui les classes. Il est calculé sur la base de valeurs mesurées de l'EER dans différentes conditions extérieures et pondérées en fonction du climat.

Les données climatiques prises en compte sont cependant peu adaptées aux DOM.

Ces classes d'efficacité énergétique serviront néanmoins de base au choix des appareils.

Classe énergétique	SEER
A+++	SEER ≥ 8,5
A++	8,5 > SEER ≥ 6,1
A+	6,1 > SEER ≥ 5,6
B	5,6 > SEER ≥ 5,1
C	5,1 > SEER ≥ 4,6
D	4,6 > SEER ≥ 4,1
E	4,1 > SEER ≥ 3,6
F	3,6 > SEER ≥ 3,1

G	3,1 > SEER ≥ 2,6
H	2,6 > SEER

Pour les groupes de production à eau glacée, on s'appuiera sur la classification énergétique suivante :

Classe énergétique	Condensation à air	Condensation à eau	Condenseur séparé
A	EER ≥ 3,1	EER ≥ 5,05	EER ≥ 3,55
B	3,1 > EER ≥ 2,9	5,05 > EER ≥ 4,65	3,55 > EER ≥ 3,4
C	2,9 > EER ≥ 2,7	4,65 > EER ≥ 4,25	3,4 > EER ≥ 3,25
D	2,7 > EER ≥ 2,5	4,25 > EER ≥ 3,85	3,25 > EER ≥ 3,1
E	2,5 > EER ≥ 2,3	3,85 > EER ≥ 3,45	3,1 > EER ≥ 2,95
F	2,3 > EER ≥ 2,1	3,45 > EER ≥ 3,05	2,95 > EER ≥ 2,8
G	2,1 > EER	3,05 > EER	2,8 > EER

Conditions d'essais pour les valeurs d'EER :

- Température de sortie d'eau de 7 °C à l'évaporateur.
- Condenseur à air : température d'entrée d'air fixée à 35 °C.
- Condenseur à eau : température d'entrée d'eau fixée à 30 °C, et de sortie d'eau à 35 °C.
- Condenseur séparé : température de vapeur saturée/point de bulle de 45 °C.

5.3.2.2 Choix du système de climatisation

Les **exigences minimales** de performances énergétiques sont les suivantes :

Type d'installation	Climatisation centralisée Eau glacée	Climatisation centralisée DRV	Climatisation individuelle
Exigence minimale	Classe A (EER ≥ 3,1)	Classe A++ (SEER ≥ 6,1)	Classe A+++ (SEER ≥ 8,5)

5.3.2.3 Obligations complémentaires

Il conviendra :

- De limiter l'écart avec l'extérieur à 6°C, d'éviter de pouvoir climatiser à moins de 24°C (température de consigne à 25°C)
- De déshumidifier tout l'air neuf introduit dans les locaux,
- De privilégier l'utilisation de centrales de traitement d'air performantes, avec une diffusion d'air inférieure à 0,25 m/s au niveau des personnes
- De récupérer la chaleur dégagée par le groupe de production (lorsque ce choix est fait) pour alimenter les batteries chaudes des éventuelles CTA, voire pour l'ECS,
- De protéger le groupe de production de froid du rayonnement extérieur,
- D'optimiser les linéaires de tuyauteries et la performance énergétique des auxiliaires et autres : calorifuge des tuyauteries, circulateurs performants et équilibrage dans le cas des productions à eau glacée, puissance des ventilateurs des unités intérieures,
- D'installer le matériel dans une zone limitant les nuisances acoustiques,
- De dimensionner le système sur les besoins globaux simultanés
- De proposer une gestion des équipements (horaires de fonctionnement, limitation des consignes de température intérieure, dispositifs de coupure des unités intérieures...) en adéquation avec l'utilisation du bâtiment
- De privilégier si possible le choix d'une ventilation d'air hygiénique (CTA, VMC) à double débit pour un fonctionnement dégradé en période nocturne

5.3.3 ECLAIRAGE NATUREL / ECLAIRAGE ARTIFICIEL

Justificatifs attendus au concours

- Note précisant les principes constructifs choisis pour optimiser la lumière naturelle ;
- Simulation du facteur de lumière du jour (FLJ) et si possible de l'autonomie en lumière naturelle à 300 lux pour une salle de classe.

5.3.3.1 Eclairage naturel

La lumière naturelle est le mode d'éclairage le plus adapté à la physiologie humaine. Une bonne couverture des besoins d'éclairage par de la lumière naturelle est un élément déterminant du confort visuel et donc de la perception de l'espace par les usagers. La pénétration de la lumière du jour évite le développement du sentiment d'oppression, de fatigue, et stimule les sens.

Aussi, les locaux devront, par leur niveau d'exposition au soleil et le taux d'ouverture, bénéficier d'un maximum de lumière disponible pour fournir le niveau d'éclairage requis.

Un ensoleillement comme celui de la Guyane offre un potentiel très favorable à l'éclairage naturel, qui peut dans certains cas être suffisant pour assurer les besoins nécessaires pour la totalité de l'année et contribuer aux efforts d'économie d'énergie en limitant la part des besoins couverts par l'éclairage électrique. Cependant, on veillera à optimiser cette recherche de gain en lumière naturelle par rapport aux apports énergétiques solaires qui peuvent présenter une source de surchauffe des locaux.

Dans le cadre d'une démarche de qualité environnementale, les choix de dispositifs de protection solaire et de gestion des flux lumineux devront être abordés à travers une réflexion globale « confort visuel / confort hygrométrique / coûts d'exploitation et maintenance associés ».

Sur un plan qualitatif, deux critères permettent de définir la disposition d'un local à fonctionner en éclairage naturel : le facteur lumière jour (FLJ) et l'autonomie :

Facteur lumière jour : On désigne par ce terme de Facteur Lumière Jour (FLJ) le taux de lumière naturelle qui pénètre dans un local par rapport à un ensoleillement externe moyen (site dégagé et ciel couvert).

Autonomie : ce terme désigne le nombre de jours de l'année où la lumière naturelle suffira à elle seule à assurer le niveau d'éclairage requis dans un local pendant les heures de fonctionnement.

Cette volonté de favoriser au mieux l'éclairage naturel se traduit par les exigences suivantes :

5.3.3.1.1 Disponibilité en éclairage naturel

Les locaux à occupation prolongée (salles de classe, bureaux, salles de réunion...) devront avoir accès à la lumière naturelle. Il sera également souhaitable de chercher à valoriser les vues sur l'extérieur et les seconds-jours.

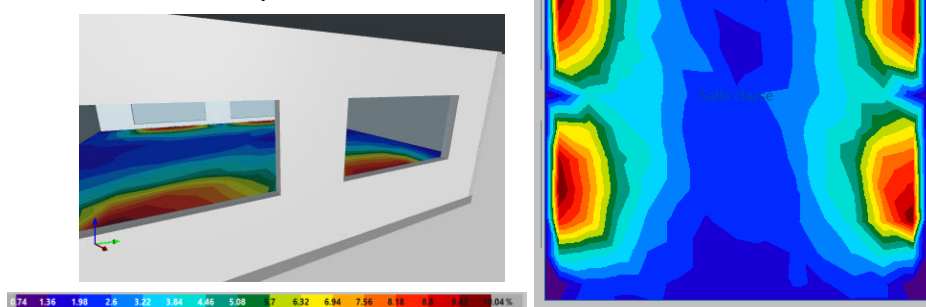
L'utilisation d'éclairage naturel multidirectionnel tels que les puits de lumière, les étagères de lumières ou les « seconds-jours » ou d'autres stratégies d'éclairage naturel constitueront des dispositifs intéressants pour arriver aux niveaux prescrits.

5.3.3.1.2 Forme, profondeur et hauteur des bâtiments

Les locaux seront conçus de manière à favoriser un éclairage naturel tout au long de l'année, aux horaires de fonctionnement du bâtiment. L'emplacement et la taille des ouvertures, la teinte des parois, la profondeur des locaux ou la nature des protections solaires seront autant de paramètres à optimiser pour encore une fois limiter les apports de chaleur solaires tout en garantissant les minimas suivants :

Facteur lumière jour	Autonomie
≥ 2 %	70 % à 300 lux

Exemple calcul facteur lumière du jour :



5.3.3.1.3 Eblouissement et maîtrise des contre-jours

Des dispositifs architecturaux seront prévus pour maîtriser heure par heure et mois par mois l'impact du rayonnement direct.

5.3.3.2 Eclairage artificiel

5.3.3.2.1 Complémentarité entre éclairage naturel et artificiel

Les valeurs données dans les fiches programme sont des niveaux d'éclairement qu'il convient d'obtenir prioritairement par l'éclairage naturel.

Le complément nécessaire en éclairage artificiel sera optimisé en fonction de l'autonomie en lumière naturelle et du type et des périodes d'occupation des locaux.

Par exemple, l'éclairage artificiel des bureaux occupés durant la plage horaire habituelle d'occupation du bâtiment et bénéficiant d'une autonomie en lumière naturelle annuelle de 80% à 300 lux pourra être dimensionné pour assurer le complément d'éclairement à 300 lux durant 20% du temps restant (pendant lesquels l'éclairage naturel n'est pas nul, mais peut-être encore de 100 lux).

Evidemment, les locaux susceptibles d'être occupés en période nocturne devront bénéficier d'un éclairage artificiel permettant d'atteindre les niveaux d'éclairement requis.

Dans une logique de sobriété conceptuelle, des solutions d'éclairage artificiel basées sur des apports ponctuels pourront être étudiées, en fonction de l'occupation.

5.3.3.2.2 Performance des équipements

- Ratio de puissance installée < 4 W/m²
- Efficacité lumineuse :
 - ≥ 90 lumens par watt pour les luminaires avec indice de protection aux chocs (IK) égal à 10 ;
 - ≥ 120 lumens par watt pour les autres luminaires
- Indice de rendu des couleurs (IRC) supérieur à 85%, pour une température comprise entre 2700 et 4000 °K
- Mode de gestion : détecteur de présence dans les circulations – détecteur de présence semi-automatique pour les salles de classe et les bureaux (possibilité d'allumer/éteindre par commande manuelle)

5.3.3.2.3 FOCUS : Protections solaires versus éclairage naturel

Que ce soit dans un local climatisé ou traité en ventilation naturelle, pour limiter les consommations et/ou optimiser le confort, il convient de protéger le bâtiment et en particulier les baies vitrées par où passent une quantité importante d'apports solaires.

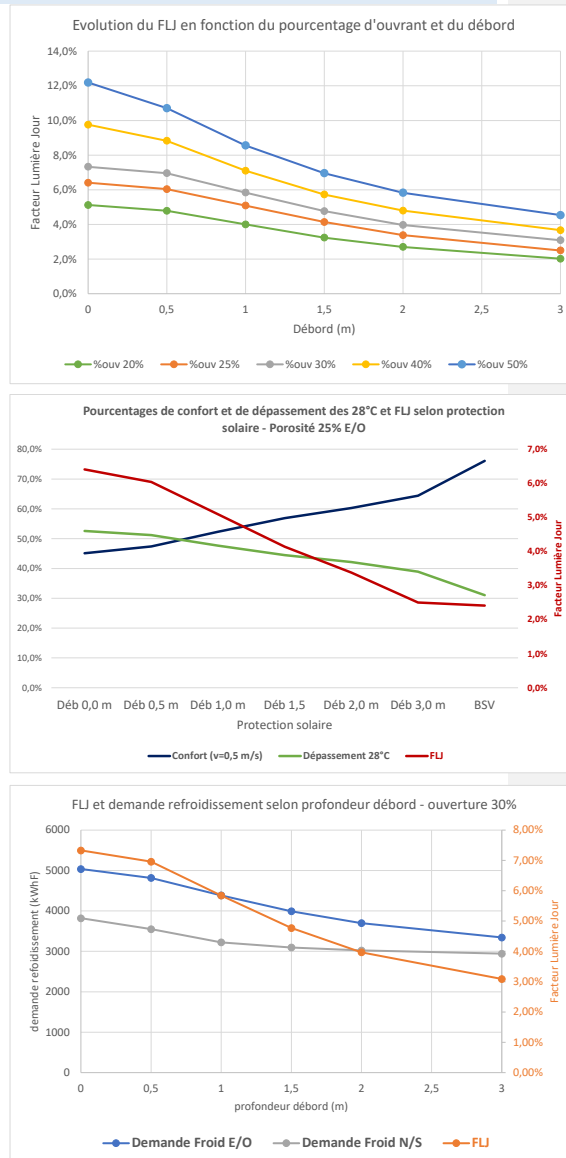
Inéluctablement, ces protections solaires (horizontales de type casquette, auvent ou débord de toiture et verticales de type brise-soleil vertical) vont réduire l'accès à la lumière naturelle du local, créer un inconfort et générer des consommations d'éclairage artificiel supplémentaires.

Aussi, il est nécessaire de préciser la difficulté d'avoir des exigences simultanées très élevées pour les facteurs de transmission solaires d'une part et les facteurs lumière jour et autonomies en éclairage naturel d'autre part.

L'objectif sera de trouver le bon compromis entre bonne protection solaire et éclairage naturel.

A titre informatif, voici quelques enseignements indicatifs et non systématiques issus de simulations thermiques dynamiques faites pour une salle de classe :

- Le FLJ (Facteur Lumière Jour) est plus de 2 fois plus important avec un pourcentage d'ouverture de 50% plutôt que 20%. Il lui est d'ailleurs assez proportionnel. Aussi, le FLJ est assez aisément supérieur à 2% même avec des protections solaires importantes
- Le FLJ chute de près de 35% avec un débord de 1m, par rapport à aucun débord, et d'autant entre un débord de 1m et de 2m
- Un BSV classique bois (brise-soleil vertical) s'apparente en termes de résultats sur le FLJ à un débord de 3m. En revanche, le BSV réduit d'environ 20 à 30% les apports de chaleur.
- Le confort évolue logiquement et de manière assez similaire, en sens inverse du FLJ : un compromis est bien à trouver entre ces 2 éléments pour ne pas favoriser l'un en défaveur de l'autre
- Avec une orientation Est/Ouest, l'intérêt de la profondeur du débord augmente progressivement jusqu'à 2 m puis chute légèrement ensuite mais garde de l'intérêt. Pour une orientation Nord/Sud, l'intérêt de la profondeur du débord chute après 1 m



5.3.4 BRASSEURS D'AIR

Un ventilateur plafonnier, ou brasseur d'air, permet d'assurer un minimum de confort lorsque les conditions extérieures ne permettent pas une ventilation naturelle suffisante.

Il existe plusieurs types d'équipements, notamment des appareils en courant continu faiblement consommateurs, mais d'une manière générale, on cherchera des appareils :

- dont le diamètre est supérieur à 130 cm,
- dotés de 3 vitesses minimum, commande maximale de 2 brasseurs par commande, détection de présence
- avec un débit de brassage compris entre plus de 150 m³/Wh à vitesse minimale et plus de m³/Wh à vitesse maximale
- avec veille de puissance maximum 1 W

Pour l'installation, la hauteur sous plafond sera idéalement supérieure à 2,7 m et on installera un appareil tous les 15 m² minimum.

L'appareil se fixe au plafond, de préférence au centre de la pièce, mais gagne à ne pas être disposé juste au-dessus des zones occupées. Les ventilateurs doivent également respecter un nombre de points d'ancrage. Pour des questions de sécurité, il peut être enserré dans un carter. On veillera aussi à ne pas le situer de luminaires entre les pales et le plafond, pour éviter un effet stroboscopique gênant.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques courantes d'appareils commercialisés en milieu tropical :

	Motorisation AC (moteur asynchrone)	Motorisation DC (courant continu)
Puissances absorbées	20 à 80 W	10 à 40 W
Efficacité énergétique à basse vitesse	< 500 m ³ /Wh	> 1000 m ³ /Wh

Nota : privilégier les grands diamètres, un nombre de pales au moins égal à 3, et les matériels certifiés NF ou labellisés "Energy Star".

5.3.5 ENERGIES RENOUVELABLES

5.3.5.1 Chauffe-eau solaire thermique

L'eau chaude sanitaire, si elle n'est pas réalisée à partir de la récupération de la chaleur du groupe de production de froid, pourra l'être à l'aide à partir de chauffe-eau solaire individuel (pour les faibles besoins et situés à proximité des points de puisage) ou d'une installation centralisée avec capteurs en toiture et stockage séparé (pour les besoins d'un réfectoire par exemple ou les douches d'un gymnase).

5.3.5.2 Installation photovoltaïque

En dernier lieu, un système de production d'électricité photovoltaïque pourra permettre de compenser une grande partie des consommations électriques du site.

Il pourra être dimensionné, soit pour obtenir un taux d'**autoconsommation totale** de l'ordre de 70 à 80% minimum, soit en envisageant une solution de **vente du surplus**.

En tout état de cause, il conviendra de respecter les réglementations actuelles (voir paragraphe de l'annexe 3 sur la solarisation/végétalisation des toitures et des parkings). L'accessibilité à ces équipements sera particulièrement étudiée.

5.4 MAITRISE DES USAGES (MISSION COMPLEMENTAIRE)

Orienter les usages du futur bâtiment, par des actions pédagogiques, des outils de pilotage, de la signalétique... constitue un levier important pour une bonne gestion énergétique qu'il convient de préparer dès les phases d'études.

L'équipe de maîtrise d'œuvre pourra par exemple s'engager sur la production de livrables parmi les suivants :

➤ **Communication et Affichage**

- ✓ Intégrer les besoins concrets des « utilisateurs »
- ✓ Diffuser des messages au sein des bâtiments pour expliciter les spécificités de l'ouvrage (posters, affichettes, supports...)
- ✓ Actions concrètes de sensibilisation – formation – gestion des équipements

➤ **Notices et Guides**

- ✓ Élaborer des documents pour orienter les usages
- ✓ Fournir des notices et des guides (consignes, règles d'usages...) en matière d'utilisation et de maintenance

➤ **Outils de pilotage**

- ✓ Programmation / automatisation du fonctionnement des équipements (éclairage, clim...)
- ✓ Faciliter l'usage via des équipements - outils pratiques et faciles à manipuler

6 DOCUMENTS ATTENDUS

6.1 LA NOTE CONCOURS : STRATEGIE ENVIRONNEMENTALE

6.1.1 INSCRIPTION DANS LE SITE

6.1.1.1 Documents à fournir

- Note précisant, appuyée d'un plan de masse, la stratégie globale employée en fonction de la course solaire, des masques, des vents, de la pluie et des contraintes acoustiques.
- Note appuyée sur un plan de masse, précisant la stratégie globale adoptée pour traiter les espaces paysagers.

6.1.1.2 Analyse des documents fournis

La note et le plan de masse seront analysés selon les critères suivants :

- ✓ pertinence et cohérence de l'argumentaire ;
- ✓ cohérence de la réponse architecturale par rapport au niveau d'exposition solaire global du bâtiment ;
- ✓ cohérence de l'organisation interne vis à vis des orientations et des nuisances ;
- ✓ niveau d'information figurant au plan de masse.

6.1.2 GESTION THERMIQUE DES LOCAUX

6.1.2.1 Documents à fournir

- Note complétée d'un plan précisant les choix quant à l'emplacement des différentes zones traitées (locaux en ventilation naturelle ou climatisés) ;
- Description du principe de gestion des ouvrants dans le cas des locaux traités en ventilation naturelle.

6.1.2.2 Analyse des documents fournis

La note sera analysée selon les critères suivants :

- ✓ importance accordée à la ventilation naturelle ;
- ✓ pertinence de la climatisation (position des locaux, orientations...) ;
- ✓ pertinence de la gestion des ouvrants.

6.1.3 PROTECTION SOLAIRE

6.1.3.1 Documents à fournir

- Un tableau descriptif (à remplir selon le cadre fourni au programme) des parois du projet (composants + performance thermique) ;
- Un extrait de coupe détaillée pour une salle de classe au 1/50ème sur une façade type -y compris toiture- du projet faisant apparaître notamment :
 - ✓ précisions sur les matériaux mis en œuvre
 - ✓ type et épaisseur d'isolant
 - ✓ conception des protections solaires
 - ✓ types de baies
 - ✓ autre selon projet architectural

6.1.3.2 Analyse des documents fournis

Les éléments seront analysés selon les critères suivants :

- ✓ représentativité des éléments type à l'échelle du projet ;
- ✓ niveaux de performance thermique des différents composants d'enveloppe ;
- ✓ cohérence des chiffres avec les plans.

6.1.4 ECLAIRAGE NATUREL

6.1.4.1 Documents à fournir

- Note précisant les principes constructifs choisis pour optimiser la lumière naturelle ;
- Simulation du facteur de lumière du jour (FLJ) et si possible de l'autonomie en lumière naturelle à 300 lux pour une salle de classe.

6.1.4.2 Analyse des documents fournis

Les éléments seront analysés selon les critères suivants :

- ✓ pertinence des choix visant à favoriser l'éclairage naturel ;
- ✓ niveau de facteur de lumière du jour et/ou d'autonomie en lumière naturelle.

6.1.5 ENSEMBLE

Pour l'ensemble des éléments précédents, il conviendra de compléter la « Grille d'analyse de projets en phase concours ».

6.2 TABLEAU DE DIALOGUE MO/MŒ

Voir « Grille de dialogue maître d'ouvrage/maître d'œuvre » et « Guide méthodologique à destination des collectivités ».

7 ANNEXES

7.1 ANNEXE 1 : MODE DE CALCUL DES FACTEURS SOLAIRES

7.1.1 PAROIS OPAQUES

L'expression de l'exigence de moyens sur les parois est définie par des indicateurs simples : le **facteur solaire S** d'une paroi, définit le pourcentage de chaleur transmise par une paroi à l'intérieur d'un local, par-rapport à celle qu'il a reçue au cours d'une journée. Il dépend à la fois de :

- sa capacité à résister à la transmission de chaleur : conductance thermique U, exprimée en $W/(m^2.K)$,
- sa capacité à capter la chaleur, qui dépend de la teinte du mur : coefficient d'absorption α (voir ci-dessous),
- un coefficient de masque proche Cm et lointain F pour tenir compte de l'atténuation du rayonnement solaire.

Un critère comme **l'inertie**, qui joue un rôle non-négligeable dans l'appréciation du confort et les consommations énergétiques, par sa capacité à stocker et différer les charges d'apports thermiques, ne sera pas pris en compte dans la caractérisation des indicateurs de moyens, mais pourra être intégré en phase ultérieure au niveau de la définition d'exigences de résultats.

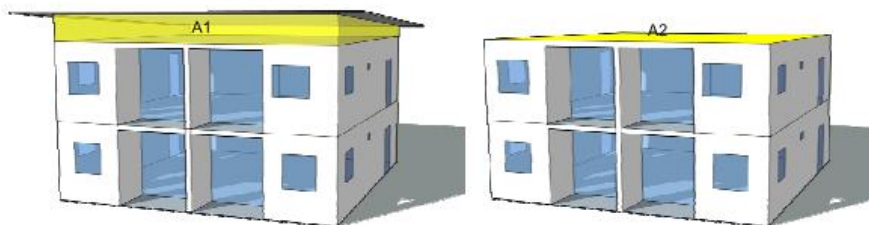
7.1.1.1 Parois horizontales

Le facteur solaire d'une toiture s'exprime de la manière suivante :

$$S = 0,074.\alpha.F.K_{corr} / (Rt+0,2)$$

- Où :
- 0,074** = Résistance d'échange superficiel extérieure
 - α** = Coefficient d'absorption de la paroi dont la valeur dépend de la teinte
 - F** = Facteur de masque lointain (relief)
 - K_{corr}** = Facteur de correction à appliquer pour une toiture décollée
 - Rt** = Résistance thermique de la paroi
 - 0,2** = Résistance superficielle totale de la paroi

Le facteur de correction K_{corr} à appliquer est lié au taux d'ouverture de la toiture qui correspond au rapport de la surface verticale de passage de l'air (A1) à la surface de la toiture couverte (A2).



Avec un taux d'ouverture $A1 / A2 > 5\%$, K_{corr} est égal à 0,3 (il peut être de 0,15 si la résistance thermique est supérieure ou égale à $0,2 m^2.K/W$).

Avec un taux d'ouverture $A1 / A2 > 20\%$, K_{corr} est égal à 0,15.

L'un des premiers principes d'une bonne protection solaire de toiture consiste à choisir une teinte la plus claire possible. Les teintes les plus claires absorbent en effet 2 fois moins de chaleur que celles plus foncées. La teinte et la couleur sont deux notions distinctes et certaines couleurs dites « claires » peuvent avoir un coefficient d'absorption « α » assez élevé :

CATEGORIES DE TEINTES	COULEURS	VALEURS DE α À UTILISER
Claire	Blanc, jaune, orange, beige, crème, rouge clair	0,4
Moyenne	Rouge sombre, vert clair, bleu clair	0,6
Sombre	Brun, vert sombre, bleu vif, gris clair, bleu sombre	0,8
Noire	Gris foncé, brun sombre, noir	1

La valeur de 0,4 est difficile à maintenir dans le temps. En effet, les toitures de teinte claire vieillissent plutôt mal, et se recouvrent de champignons (cryptogames) qui à terme assombrissent le coloris, et le rendent équivalent à une teinte moyenne voire sombre. De ce fait, pour le calcul du facteur solaire, **il ne sera pas considéré de coefficient α inférieur à 0,4.**

7.1.1.2 Parois verticales

Pour les parois verticales, c'est-à-dire les parois dont l'inclinaison par-rapport au sol est supérieure à 60°, le facteur solaire s'exprime :

$$S = 0,074.C_m.\alpha.F.K_{corr} / (R_t + 0,2)$$

Où :

- 0,074** = Résistance d'échange superficiel extérieure
- C_m** = Coefficient de réduction correspondant aux masques de la paroi (pare-soleil, auvent, bâtiments frontaux)
- α** = Coefficient d'absorption de la paroi dont la valeur dépend de la teinte
- F** = Facteur de masque lointain (relief)
- K_{corr}** = Facteur de correction à appliquer pour un bardage ventilé
- R_t** = Résistance thermique de la paroi
- 0,2** = Résistance superficielle totale de la paroi

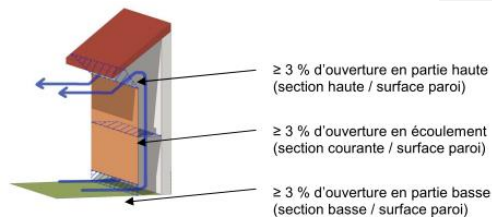
Nota :

Le coefficient C_m caractérise ici les différents types de masques pérennes existants vis-à-vis des parois. Il concerne principalement :

- Les protections solaires extérieures, qu'elles soient :
 - o horizontales : auvent, débord de toiture, balcon, ...
 - o verticales : brise-soleil, isolation extérieure, bardage ventilé ou non, mur végétal, ...
 - o latérales : joue, retour de mur.
- Les protections intérieures : isolation principalement.

Les coefficients C_m et F sont égaux à 1 en l'absence de masque proche ou lointain.

Un bardage est considéré comme ventilé s'il respecte les exigences de la RTAA ($K_{corr} = 0,3$) :



7.1.2 OUVERTURES

L'indicateur de facteur solaire s'exprime de la manière suivante :

Baie sans store ou protection rapportée $S = S_o \times C_m \times F$ Baie avec store ou protection rapportée $S = S_p \times C_m \times F$
--

Où : S_o = Facteur solaire propre de la baie (porte ou fenêtre)

S_p = Facteur solaire de la baie avec sa protection rapportée (si store intérieur ou extérieur)

C_m = Coefficient d'effet de masque proche de l'ouvrant (pare-soleil, auvent...)

F = Facteur de masque lointain (relief)

Facteur solaire d'une baie : S_o

Ce facteur tient compte :

- de la nature et qualité du vitrage (simple ou double vitrage)
- du facteur solaire du vitrage
- de la nature du cadre de la fenêtre (bois, PVC ou métallique)
- de la couleur du châssis

Facteur solaire d'une baie avec protection rapporté : S_p

Ce facteur tient compte :

- de la nature et qualité du vitrage (simple ou double vitrage)
- du facteur solaire du vitrage
- de la nature du cadre de la fenêtre (bois, PVC ou métallique)
- de la couleur du châssis
- de la réduction liée à la protection rapportée

Coefficient d'effet de masque proche : C_m

Il concerne diverses catégories de protections solaires :

- les protections horizontales, de type auvent, casquette ou débord de toiture ;
- les protections latérales ;
- les protections verticales intégrées (volets, brise-soleils) ;
- les protections verticales rapportées (film, store)
- les obstacles environnants : bâtiments front à rue

Coefficient d'effet de masque lointain : F

Il caractérise les masques pérennes liés au relief qui occulte le rayonnement direct sur le bâtiment à certaines heures et saisons.

7.2 ANNEXE 2 : FACTEUR SOLAIRE GLOBAL

Afin de donner plus de souplesse au concepteur, les calculs peuvent également se faire en termes de facteur solaire global ($S_{bât}$). L'objectif est ici de ne plus raisonner composant par composant, mais à une échelle plus globale, au-niveau d'un ensemble de locaux regroupés avec cohérence. Il peut s'agir de plusieurs bureaux sur une même aile, d'un étage complet, voire l'ensemble du bâtiment. Ceci permet notamment, en cas de contraintes fortes sur certaines parois, de compenser des faiblesses de protection solaire à quelques endroits par un meilleur traitement thermique d'autres composants.

Le facteur solaire global sera calculé en pondérant les facteurs solaires réels des parois par leur surface et la valeur d'ensoleillement reçue par cette paroi :

$$S_{bât} = (\sum Si \times Ai \times Pi) / (\sum Ai \times Pi)$$

Où : Si = facteur solaire d'une paroi « i » donnée

Ai = surface de cette paroi « i » en m^2

Pi = coefficient de pondération en fonction de l'ensoleillement reçu par la paroi

Les coefficients de pondération sont les suivants :

Toiture	Sud	Sud-est	Est	Nord-est	Nord	Nord-ouest	Ouest
1	0,27	0,35	0,4	0,3	0,2	0,3	0,4

On veillera cependant à ne pas déséquilibrer le traitement thermique de l'ensemble, par négligence de certaines zones au détriment d'autres.

7.3 ANNEXE 3 : REGLEMENTATIONS

7.3.1 DECRET « TERTIAIRE »

Synthèse du décret n° 2019-771 du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans des bâtiments à usage tertiaire

Source : EDF

Le Dispositif Eco Efficacité Tertiaire (DEET) également appelé « décret tertiaire », impose une réduction des consommations énergétiques progressive pour les bâtiments tertiaires. Cette nouvelle réglementation vise à économiser 60% d'énergie finale dans ces bâtiments à l'horizon 2050.

Promulguée fin 2018, la loi ELAN a inscrit au Code de la construction et de l'habitation une obligation de réduire la consommation énergétique des bâtiments tertiaires. Le décret n° 2019-771 du 23 juillet 2019 vient fixer les conditions d'application de cette mesure.

Il définit le champ d'application de l'obligation, tout comme les conditions de détermination et modulation des objectifs de réduction. Le texte précise également les modalités de recueil et suivi des consommations d'énergie via la plateforme informatique OPERAT, et fixe les sanctions administratives en cas de non-respect des obligations. Des arrêtés précisent les conditions de mises en œuvre.

Qui est concerné par ce décret tertiaire ?

Le décret s'adresse aux propriétaires et locataires de bâtiments tertiaires. Sont concernés tous les bâtiments ou locaux d'activité à usage tertiaire et dont la surface d'exploitation est supérieure ou égale à 1 000 m².

La superficie prise en compte peut être cumulative si le bâti héberge plusieurs entreprises, ou si le site est composé de plusieurs bâtiments. Les constructions provisoires, lieux de culte et bâtiments de défense, sécurité civile ou sécurité intérieure du territoire en sont exempts.

Pour les bâtiments neufs, il est impératif de respecter ces échéances dès leur conception pour éviter des rénovations coûteuses à l'avenir.

Quelles sont les obligations à respecter ?

La réglementation exige une réduction de la consommation d'énergie finale en appliquant une des deux méthodes présentées à l'article L 111-10-3 du code de la construction et de l'habitation :

- réduire de 40% d'ici 2030, 50% d'ici 2040, et 60% d'ici 2050 la consommation énergétique finale du bâtiment, par rapport à une année de référence qui ne peut être antérieure à l'année 2010 ;
- ou, atteindre un niveau de consommation énergétique fixé en valeur absolue pour chaque type d'activité.

Pour atteindre ces objectifs, différentes actions peuvent être mises en place par les propriétaires et preneurs à bail :

- améliorer la performance énergétique des bâtiments ;
- installer des équipements performants et mettre en place des dispositifs de contrôle et gestion active de ces appareils ;
- faire évoluer le comportement des occupants.

Quelles formalités pour le recueil des données et le suivi de l'obligation ?

La plateforme informatique OPERAT est mise en place par l'État pour suivre les objectifs de réduction des consommations. Gérée par l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (l'ADEME), elle permet aux responsables assujettis de transmettre les informations demandées :

- descriptif de l'activité tertiaire exercée ;
- surface des bâtiments concernés ;
- données annuelles de consommation d'énergie par source énergétique ;
- modulations éventuelles.

Décret tertiaire : quelles sanctions en cas de manquement ?

Faute de transmission des données sur la plateforme, le propriétaire ou le preneur à bail recevront une mise en demeure. Ils devront transmettre les éléments dans les 3 mois. A défaut, l'État procédera à la publication, sur un site internet des services de l'État, des mises en demeure restées sans effet.

Si l'objectif n'est pas respecté, les assujettis seront mis en demeure et intimés de produire sous 6 mois un plan d'action capable de réduire leurs consommations énergétiques. En cas de manquement, ils recevront une deuxième mise en demeure avant publication de leur nom sur ledit site web. Une amende administrative pourra également être demandée, allant de 1 500 € pour les personnes physiques à 7 500 € pour les personnes morales.

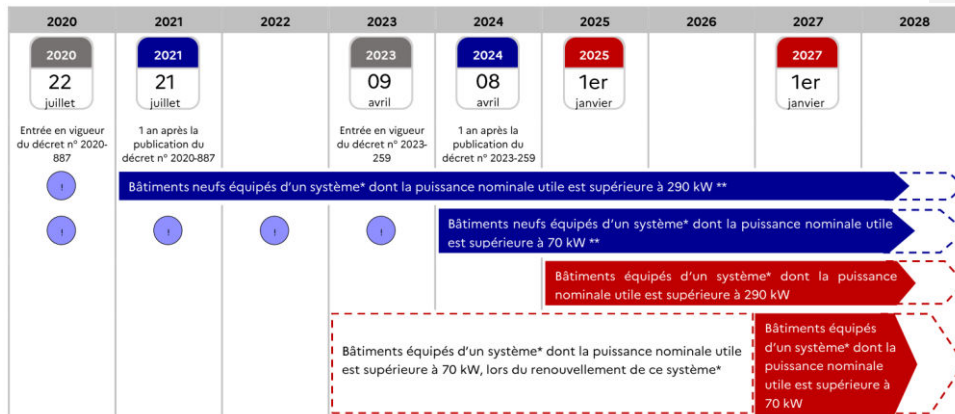
7.3.2 DECRET « BACS »

Les « BACS » pour « building automation and control system » ou « systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments » permettent de piloter les installations techniques du bâtiment et donnent ainsi une possibilité supplémentaire de réduire les consommations d'énergie.

Le plan de sobriété énergétique, annoncé le 6 octobre 2022 par le gouvernement, a pour objectif une réduction de 10 % de la consommation d'énergie d'ici 2024. Les BACS ont été identifiés dans le cadre de ce plan pour faciliter l'atteinte des objectifs fixés.

Les articles R. 175-1 à R. 175-5-1 du code de la construction et de l'habitation, créés par le décret n° 2020-887 du 20 juillet 2020 relatif au système d'automatisation et de contrôle des bâtiments non résidentiels et à la régulation automatique de la chaleur puis modifiés par le décret n° 2023-259 du 7 avril 2023 relatif aux systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments tertiaires, introduisent des obligations d'installation de ces systèmes.

Ces textes réglementaires visent à optimiser la performance énergétique des bâtiments en imposant l'installation de systèmes d'automatisation et de contrôle des bâtiments (BACS) pour tous les bâtiments tertiaires équipés de système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non avec un système de ventilation, dont la puissance est supérieure à 290 kW ou 70 kW, selon le calendrier suivant :



* Système de chauffage ou de climatisation, combiné ou non avec un système de ventilation.

** La date de dépôt de permis de construire faisant foi.

Les bâtiments pour lesquels le permis de construire a été déposé avant les dates d'entrée en vigueur des obligations pour les bâtiments neufs (à savoir le 22 juillet 2021 pour les puissances supérieures à 290 kW et le 09 avril 2024 pour les puissances supérieures à 70 kW) devront se mettre en conformité en tant que « bâtiments existants » avant le 1er janvier 2025 ou 2027, selon la puissance installée.

7.3.3 Loi APER

7.3.3.1 Obligation de solarisation ou de végétalisation des toitures

Les obligations de couverture des bâtiments par des énergies renouvelables ou des systèmes végétalisés concernent les nouveaux bâtiments ou les bâtiments concernés par des rénovations lourdes (article 41 de la loi APER), et les bâtiments existants (article 43).

L'article 41 renforce les obligations mentionnées dans le code de la construction et de l'habitat (art. L171-4) et la loi Climat Résilience pour les bâtiments neufs (toitures) et parkings associés (ombrières déjà existantes), extensions, ou pour les bâtiments lourdement rénovés, d'avoir recouru à la production d'énergie renouvelable ou à la mise en place d'un système végétalisé « ne recourant à l'eau potable qu'en complément des eaux de récupération, garantissant un haut degré d'efficacité thermique et d'isolation et favorisant la préservation et la reconquête de la biodiversité, soit tout autre dispositif aboutissant au même résultat ». Les parcs de stationnement associés aux bâtiments mentionnés ci-dessus, lorsqu'ils font partie du projet, devront « intégrer des revêtements de surface, des aménagements hydrauliques ou des dispositifs végétalisés favorisant la perméabilité et l'infiltration des eaux pluviales ou leur évaporation et préservant les fonctions écologiques des sols ».

Les échéances à respecter dépendent du type de bâtiment.
Pour les bâtiments publics tertiaires, le calendrier est défini comme suit :

A partir du 1er juillet 2027

Le taux de couverture minimal passe de 40% à 50%.

A partir du 1er janvier 2025

Les nouvelles constructions dont la demande d'autorisation a été déposée après le 1er janvier 2024, ainsi que les extensions et rénovations lourdes, de plus de 500m² d'emprise au sol sont concernées par cette obligation, avec un taux de couverture minimal de 30%.

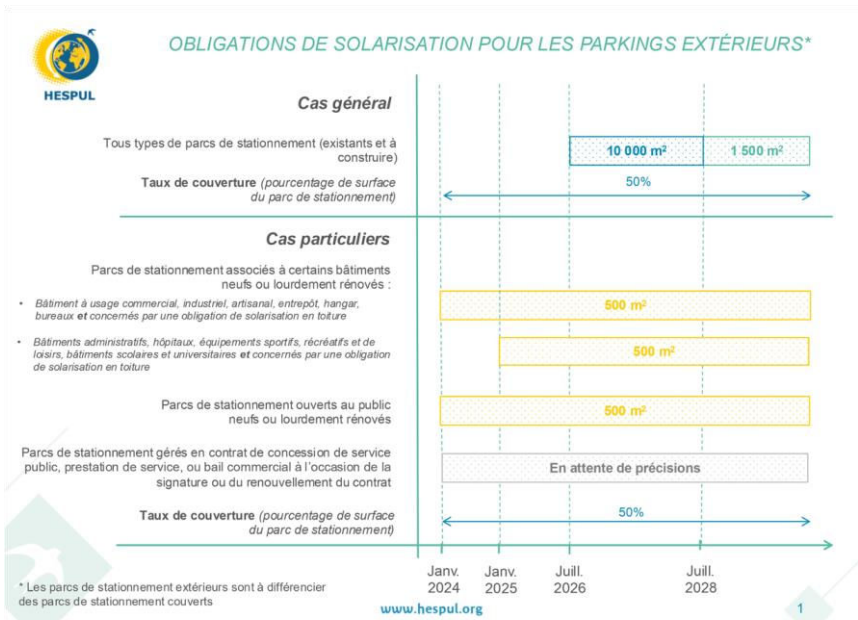
A partir du 1er juillet 2026

Le taux de couverture minimal passe de 30% à 40%.

De prochaines échéances et conditions devront être définies par décret.

7.3.3.2 Obligation de solarisation des parcs de stationnement extérieurs

L'article 40 de la loi ApER rend obligatoire l'implantation de panneaux photovoltaïques sur ombrières sur les parcs de stationnement extérieurs existants au 1^{er} juillet 2023, de plus de 1 500 m², sur au moins 50 % de la superficie des parcs. Sont également concernés les nouveaux parkings dont l'autorisation d'urbanisme a été déposée à compter du 10 mars 2023, avec des délais différents selon le type de gestion et la superficie concernée. Des dérogations existent mais ne sont pas présentées ici.



La solarisation des toitures des bâtiments existants sera également à envisager selon le calendrier et les modalités suivantes (décret à paraître) :

