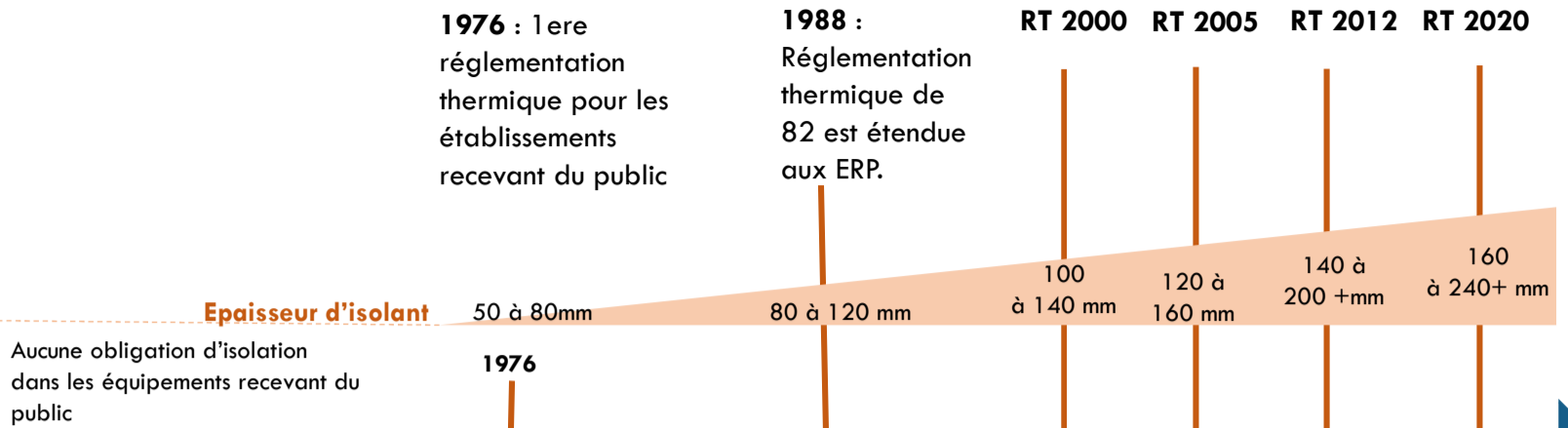


# CLIMAT ET CONFORT DANS LES ÉCOLES PARISIENNES

## Réglementations thermiques et l'isolation dans les écoles

(établissements recevant du public ERP)



## Les températures de consigne dans les écoles

**1881 :** les lois Ferry : l'enseignement primaire est gratuit, laïque et obligatoire pour tous les enfants de 6 à 13 ans

**1974 :** la loi du 29 octobre 1974 instaure une limitation des températures de chauffage des locaux publics, y compris les écoles avec une **température maximale de chauffage à 19 °C**

**2022 :** plan de sobriété énergétique à Paris et **T° consigne de température à 18°C** dans les établissements scolaires



Un poêle à bois dans une école Jules Ferry.

## À l'époque des écoles « Jules Ferry »

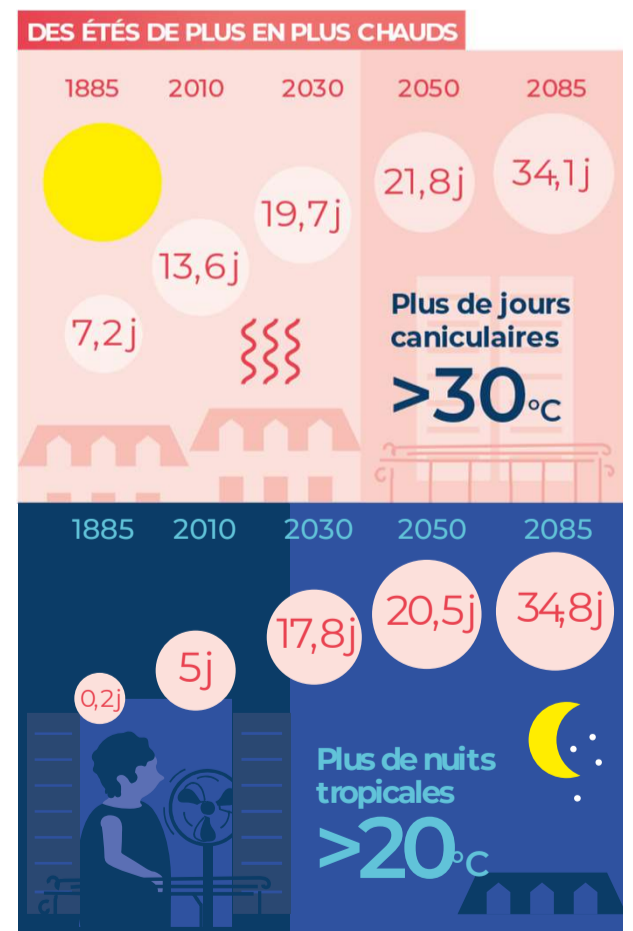
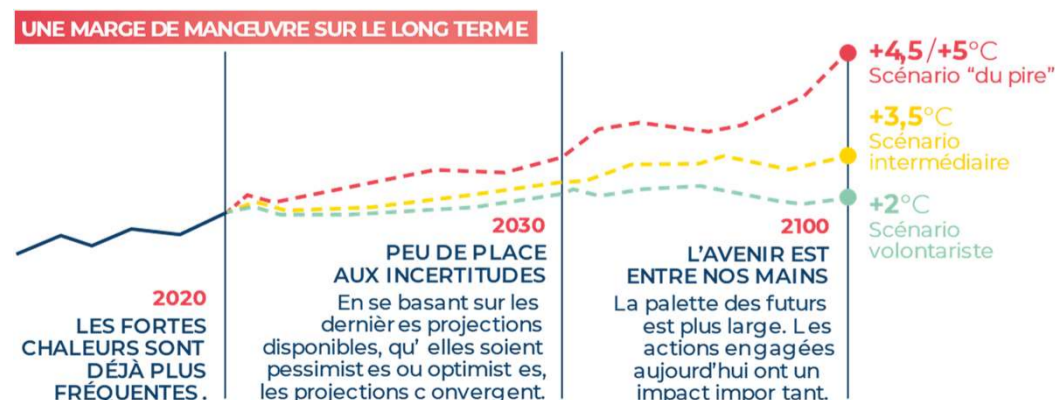
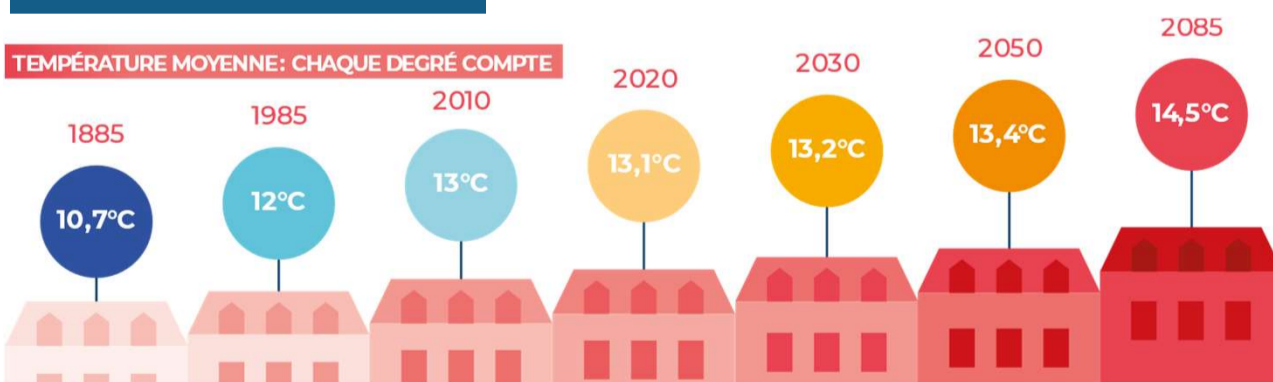
Dans les années 1880/1890, le chauffage des écoles est assurée par un **poêle à bois** ou à charbon dans chaque salle...et il est recommandé que la **température dans la salle ne dépasse pas 14 à 16 degrés** car on considèrerait que trop de chaleur affaiblissait les enfants et nuisait à la concentration !

33. *Poêles, conditions à remplir.* — Les poêles devront remplir les conditions suivantes :

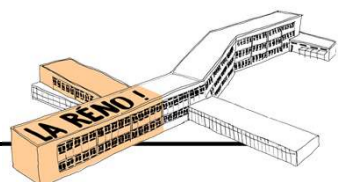
- 1° La surface de chauffe sera proportionnée aux dimensions de la salle à chauffer, de façon qu'en moyenne la température des salles atteigne 14 degrés centigrades et ne dépasse pas 16 degrés. Chaque classe sera munie d'un thermomètre placé à une assez grande distance du poêle.
- 2° Il y aura un poêle par classe ou pour deux classes contiguës.
- 3° Le poêle prendra à l'extérieur l'air pur nécessaire à la combustion et à la ventilation.
- 4° Il sera pourvu d'un réservoir à eau muni d'une surface d'évaporation.
- 5° Il devra être garni d'une double enveloppe métallique ou d'une enveloppe de terre cuite.
- 6° Il sera entouré d'une grille en fer.
- 7° Il ne devra être muni ni de four ni de chauffe-plats.
- 8° Il est interdit de faire passer le tuyau obliquement au-dessus de la tête des élèves.

Extrait du règlement pour la construction et l'ameublement des maisons d'école. Arrêté par le conseil de l'instruction publique et promulgué par arrêté ministériel du 17 juin 1880.

## Et demain ?



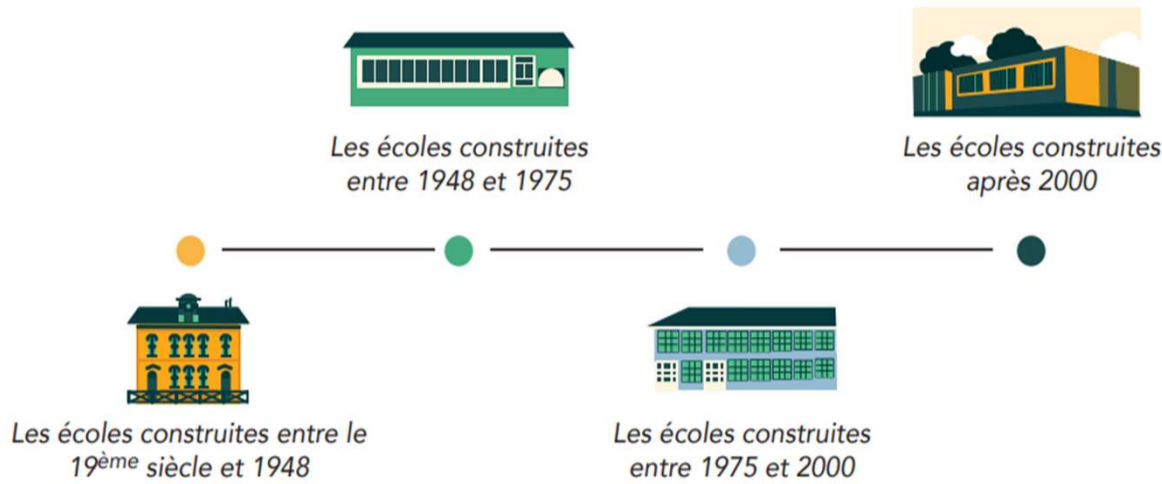
Extraits - 2021 - ville de Paris - actualisation du diagnostic de vulnérabilité - cahier 2 les évolutions climatiques à Paris - synthèse



## PLAN CLIMAT, la ville de Paris se mobilise en pionnière sur ses bâtiments municipaux !

Le **Plan Climat 2024-2030** sonne la **mobilisation générale pour garantir l'habitabilité de Paris** dans un avenir proche, et engage le territoire dans une course contre la montre pour maintenir l'objectif de l'Accord de Paris et adapter la Ville . **Faire plus vite, c'est avant tout accélérer les efforts !**

**Premier levier pour la neutralité carbone, la rénovation énergétique des bâtiments ! La VILLE DE PARIS a impulsé un grand plan de rénovation de son patrimoine, en premier lieu pour la rénovation globale et l'adaptation de ses écoles et crèches.**



Extrait : Rénovation des écoles : intégrer le confort d'été – Guide pratique pour accompagner les décideurs locaux, les élus et les techniciens. Banque des territoires – Edurenov – CDC – Promodul novembre 2024.

## LES ECOLES PARISIENNES

**+ 1 Million** de m<sup>2</sup>

**28,2 %** des Consommation

**128 kW/m<sup>2</sup>/an**

En moyenne (équivalent à un DPE C)

\* Chiffre service de l'énergie de la DCPA – Ville de Paris année 2024

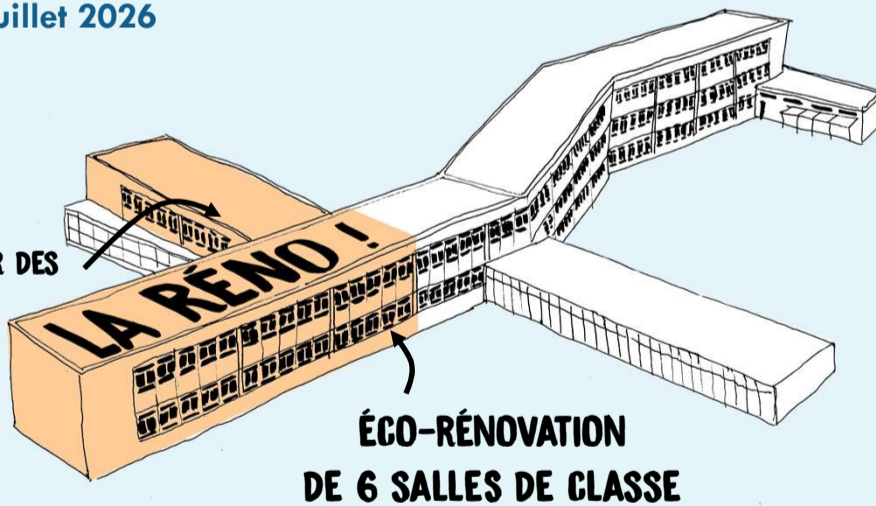
## L'école Franc Nohain

Pour contribuer à la mobilisation des acteurs et engager au mieux ce grand plan de rénovations globales des équipements, la Ville a mobilisé la DCPA pour conduire, dans le 13<sup>ème</sup> arrondissement :

## LA RENO !

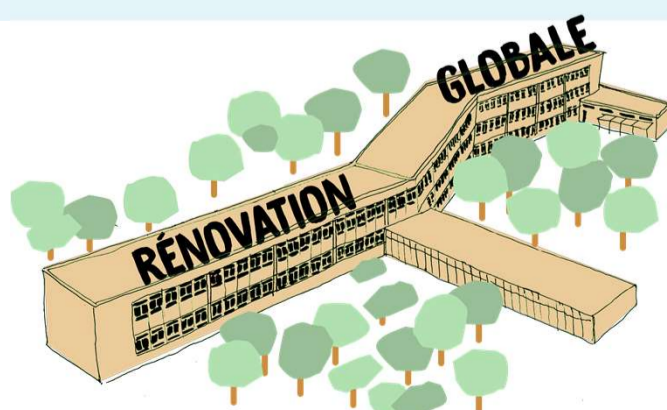
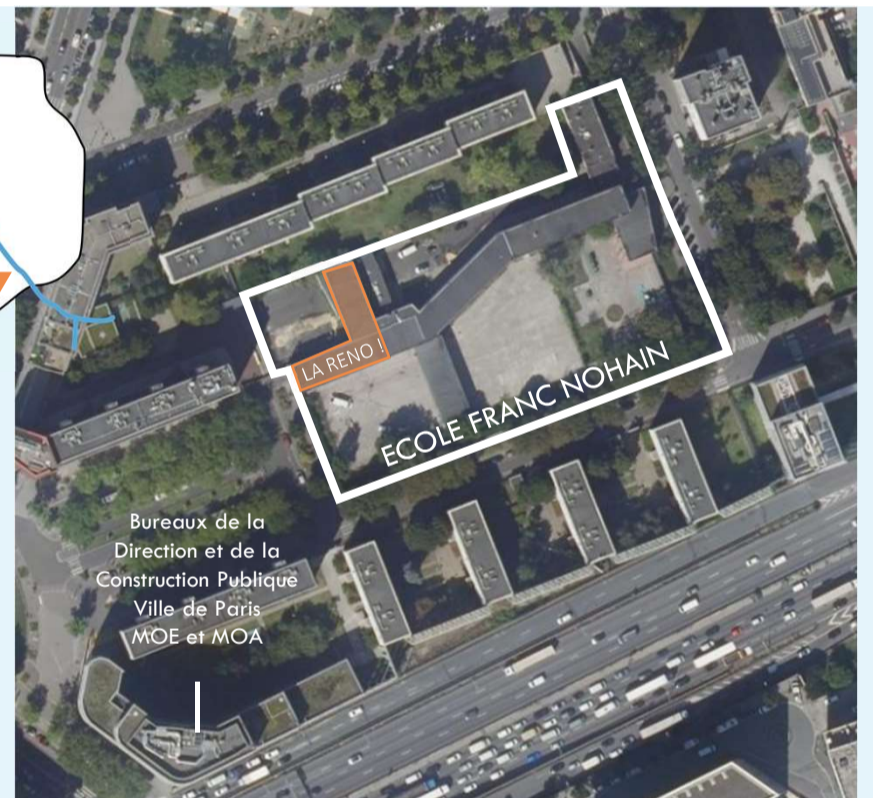
Un programme de rénovation pilote et temporaire  
Janvier 2025 – Juillet 2026

PLATEAU TECHNIQUE POUR DES FORMATIONS À L'ÉCORÉNOVATION



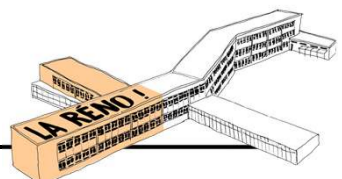
- centrée sur les enjeux d'évolution du bâti scolaire parisien
- Mobilisation de l'Académie du Climat pour accompagner le projet dans la sensibilisation et la formation de tous les usagers sur les enjeux d'adaptation climatique
- **Maitrise d'œuvre interne et entreprise en accord cadre**

PASSERELLE TRANSITION ÉCOLOGIQUE



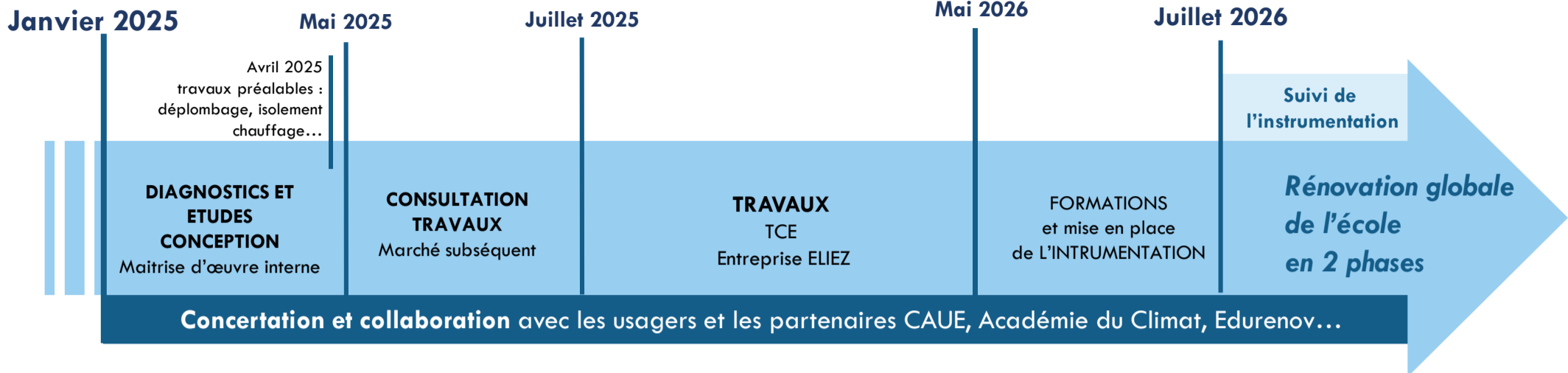
Et pendant ce temps se prépare la **Restructuration globale ...**  
Juillet 2026 – Août 2029 (études et travaux)

Il s'agit d'une rénovation globale des bâtiments et espaces extérieurs comprenant des démolitions partielles et la création d'extensions. Le projet sera mené **en Marché Global de Performance par un groupement de maîtrise d'œuvre et d'entreprise externe**. Les travaux se dérouleront en plusieurs phases. Les espaces de LA RENO ! seront occupés par les enfants pendant ce passage des travaux.



## Décision de lancement du projet

# LA RÉNO!



## Acteurs

- **Maître d'ouvrage** : Ville de Paris DCPA-SAMO
- **Maîtrise d'œuvre interne** : Ville de Paris DCPA - Passerelle Transition Ecologique - Christelle Davrieux, Delphine Paillard, Jules Porée, Maya Ralambofiringa, Nathalie Chazalette
- **Gestionnaire** : DASCO – CASPE 5/13.
- **Exploitant** : SLA 5/13.
- **BET Maîtrise d'œuvre (structure et électricité)** : IPH ingénierie
- **BCT** : APAVE
- **CSPS** : 4G ingénierie
- **CSSI** : AKSSIMO
- **Réalisation des travaux** : ELIEZ (entreprise TCE)
- **Sous-traitants principaux** : Logelec, Norba, BG BAT, Menuistop, ABREK, AMB, Bahuel, Archicart
- **Vidéo** : Livedesigners – Antoine Bretillard, Communication service de l'énergie DCPA – Cyril Abbas
- **Maquette pédagogique** : Créalogic
- **Mobilier salle témoin** : Lao scope
- **Affichage salle témoin** : Baptiste Bureau/ Atelier Veroliv
- **Assistance à maîtrise d'usage** : One point avec Delphine Grinberg (sous-traitant) –programme EDURENOV (Banque des territoires)
- **Ateliers pédagogiques** : CAUE ateliers périscolaires ACADEMIE DU CLIMAT programme Ecodélégués.
- **Accompagnement EKOPOLIS** pour visite

1M2 de baie vitrée non protégée et exposée au soleil équivaut à 500 Watt soit l'équivalent d'un radiateur électrique \*

\* source : ACTEE le confort d'été une priorité pour les bâtiments publics



Température le 1<sup>er</sup> Juillet 2025 dans une salle avant la rénovation

A Franc-Nohain chaque salle à 15 m<sup>2</sup> de surface vitrée par salle donc ça fait un radiateur de 7500 Watts AAAARGHHH... et en plus il y a les occupants qui dégagent de la chaleur .....

On passe à l'ACTION !



## Les Objectifs :

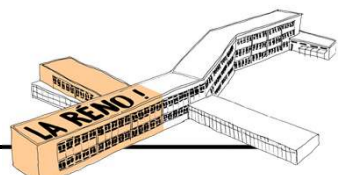
- CONFORT D'ÉTÉ : TAUX D'INCONFORT inférieur à 2% du temps d'occupation \*\***
- CONFORT D'HIVER**
- CONFORT D'USAGE**
- BAISSE DES CONSOMMATIONS D'ENERGIE de 60 %**
- VENTILATION NATURELLE ET QUALITE D'AIR**
- BILAN CARBONE : 100% isolation biosourcé ou réemploi – matériaux bois et cartons pour les aménagements intérieurs**

\*\* selon norme du confort adaptatif EN 16798



## Financement

- **Financement** : Budget participatif « S'adapter au changement climatique » et « Paris Frais »
- **Mécénat de compétences** : AREP ingénierie
- **Programme Edurenov** - Banque des territoires





- Bâtiment vétuste
- Sol plombé
- Aucun ombrage du bâtiment au sud
- Salles trop chaudes en été... mais aussi en hiver
- Salles mal ventilées
- Lumière naturelle éblouissante et dysfonctionnement du tableau numérique



Salle de classe avant travaux (sol déjà déplombé)

© Passerelle Transition Ecologique



- Une acoustique confortable dans les salles
- Un apport solaire gratuit



Façade SUD avant travaux

© Passerelle Transition Ecologique

## Données générales avant travaux

- **Année de construction** : 1955
- **Rénovation partielle années 80** : ajout de doubles fenêtres bois en intérieur sur façade sud et isolation toiture et allèges maçonnées.
- **Température moyenne**
  - en 1955 : 11,3 °C
  - En 2025 : 13,8 °C
- **Niveau de PPM (CO2)**
  - en 1955 : 313 ppm
  - En 2025 : 430 ppm
- **Type** : ERP de 3<sup>ème</sup> catégorie type R
- **Usage** : Salles de classes élémentaires
- **Surface SDP** : 500 m<sup>2</sup> (6 salles de 55 m<sup>2</sup>, couloirs et escalier)
- **Niveaux** : RDC et R+1
- **Localisation du bâtiment** : Isolé au centre de la parcelle entourée d'immeubles de logements
- **Orientations** : Nord pour le couloir , Sud pour les salles classes

## Fluides avant travaux

- **Ventilation** : Naturelle par ouverture des fenêtres dans les salles de classe
- **Chaufferie** : Gaz avec sonde unique de température dans la cour nord
- **Emetteurs** : radiateurs en fonte sans robinets thermostatiques
- **Consommation énergie avant travaux** :
  - **En énergie finale (sur les factures) sur la totalité du bâtiment (4000 m<sup>2</sup>)**  
= 119 Kw/m<sup>2</sup>/an (DPE C)
  - **Sur périmètre LA RENO** (hors préaux, réfectoire etc...) Consommation simulée par **STD** fichier météo moyenné 2009/2023 Paris Orly  
= 79 kWh/m<sup>2</sup>/an

**Simulation thermique dynamique (STD)** permet de modéliser les échanges de chaleur entre un bâtiment (modélisé en 3D) et son environnement réel en intégrant les variations horaires de température, les apports solaires, l'inertie des matériaux, l'occupation par les usagers....



- confortables toute l'année
- mieux ventilées
- mieux éclairées
- chaleureuses
- modulables
- écologiques avec des occupants mobilisés !



Salle de classe APRES travaux

© Passerelle Transition Ecologique

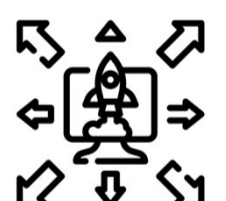


Façade SUD APRES travaux

© Passerelle Transition Ecologique

## Travaux principaux

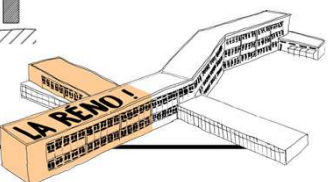
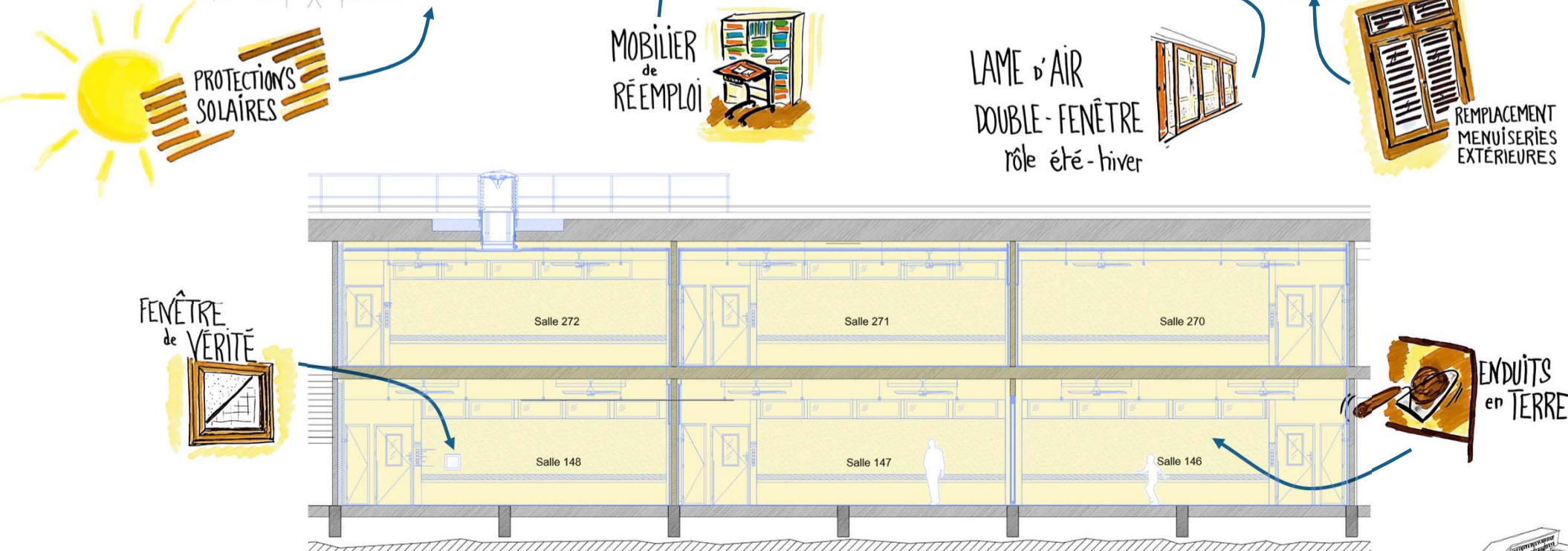
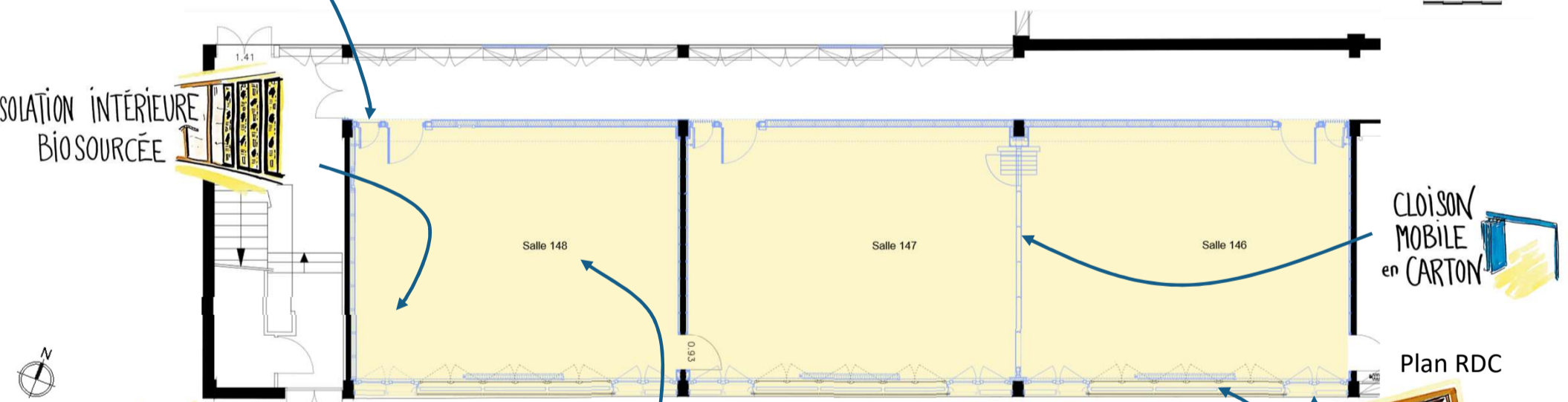
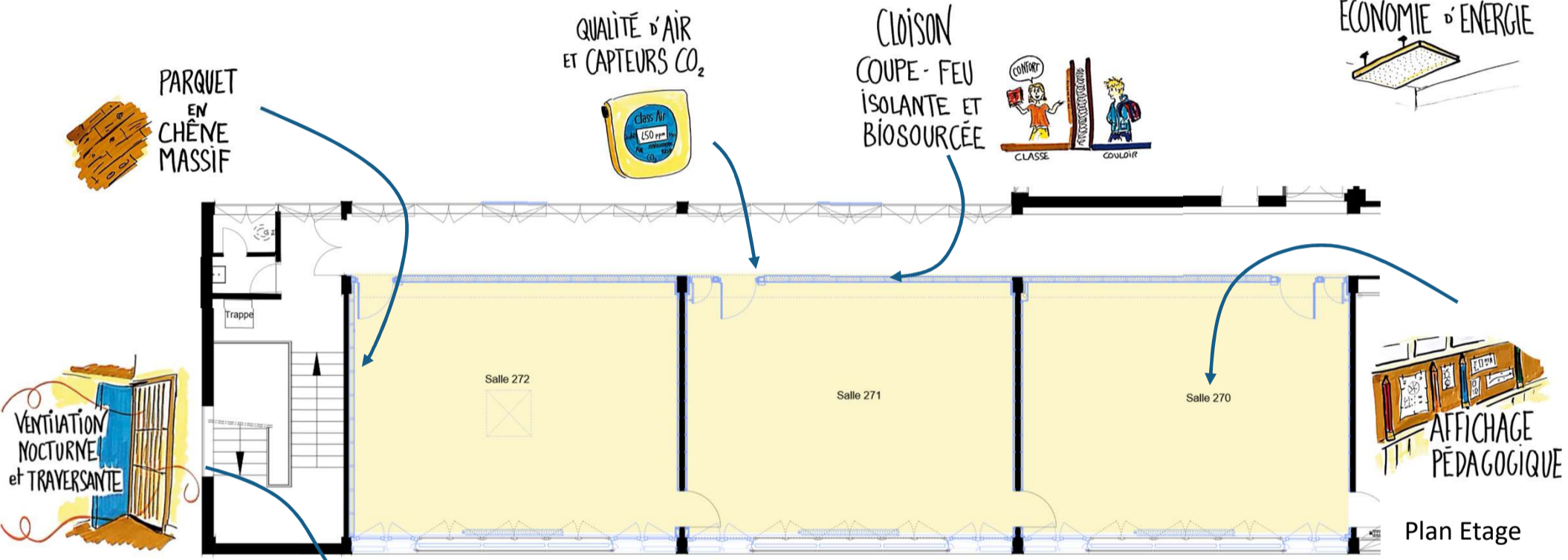
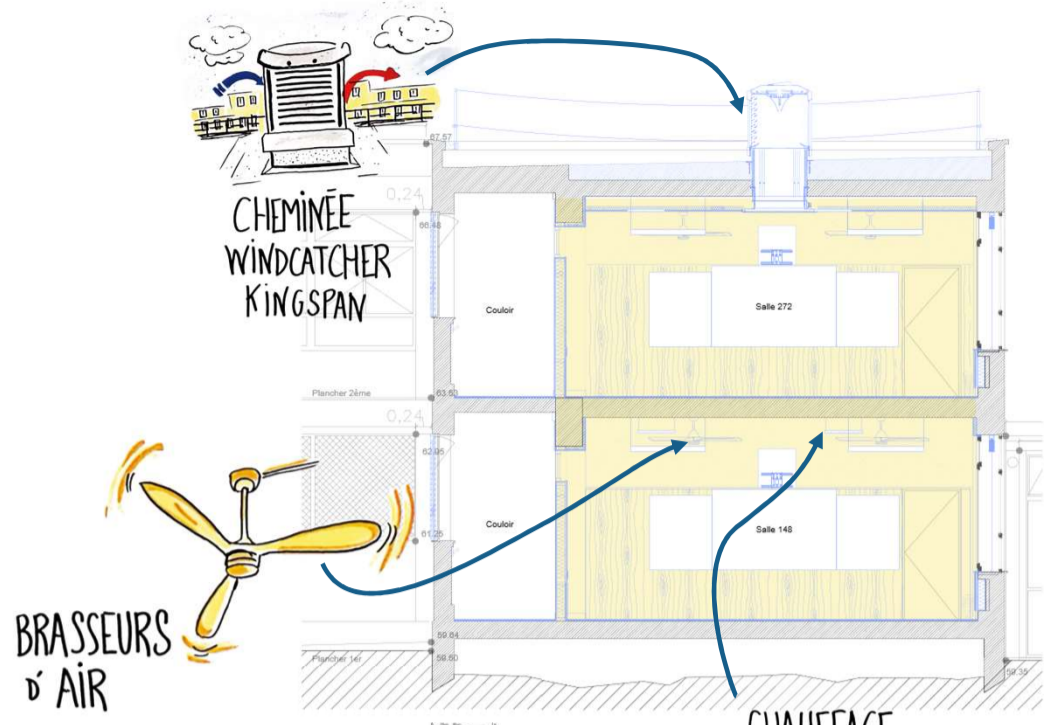
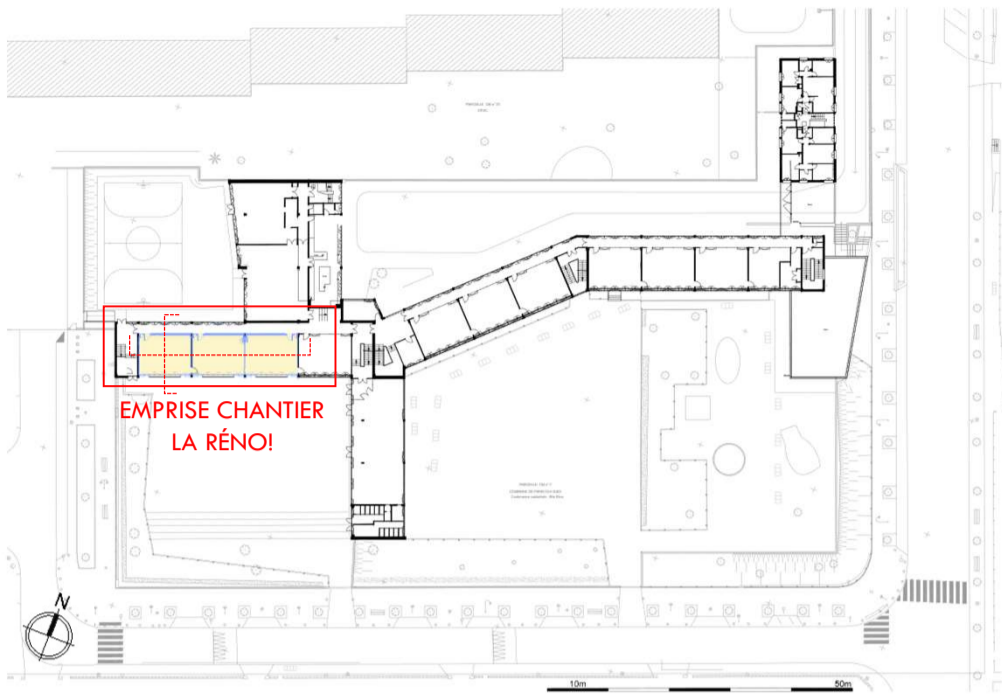
- ✓ Remplacement de 40 % des menuiseries sud et pose de protections solaires sur toute la façade Sud
- ✓ Dispositifs sécurisés pour sur-ventilation nocturne traversante
- ✓ Pose de 4 brasseurs d'air dans toutes les salles
- ✓ Séparation des réseaux de chauffage couloir/salle
- ✓ Maîtrise des volumes chauffés, ventilation naturelle et apports solaires
- ✓ Réemploi chauffage fonte et pose de panneaux rayonnants à eau chaude
- ✓ Isolation thermique biosourcée par l'intérieur des salles de classe et de la cloison salle/couloir
- ✓ Rénovation intérieure frugale et bas carbone
- ✓ Test cheminée de ventilation naturelle double flux au R+1
- ✓ Cloison légère, acoustique et mobile entre 2 salles de classes pour permettre une plus grande modularité d'usage
- ✓ Capteurs CO2 pour contrôle de la qualité d'air et consigne d'aération aux usagers
- ✓ Instrumentation pour suivi des performances

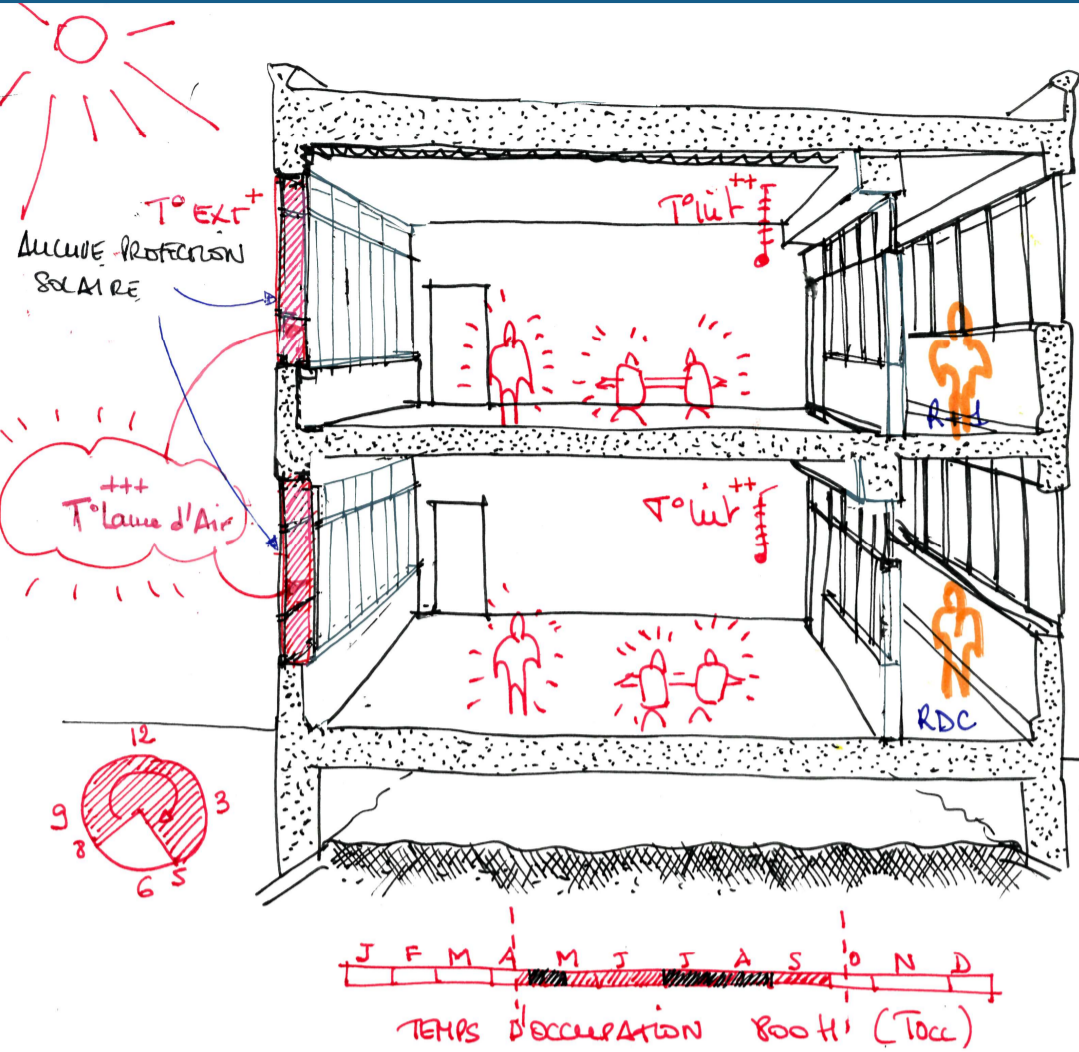


**Collaborer Tester Evaluer Déployer**  
pour répondre aux objectifs de confort et de sobriété du Plan Climat de la Ville de Paris

## Dimension pédagogique

- ✓ Mobilisation des occupants autour du confort thermique avec la démarche « Bien dans ma peau, bien dans ma classe ! »
- ✓ Visites du chantier avec les équipes pédagogiques et les élèves
- ✓ Ateliers de l'ACADEMIE du CLIMAT et du CAUE sur le temps périscolaire
- ✓ Salle témoin mobilier réemploi
- ✓ Salle témoin pour des dispositifs d'affichages pédagogiques
- ✓ Programme de formation/visite pour l'ensemble de la DCPA (1 500 agents) et ses partenaires
- ✓ Exposition pédagogique sur la construction en terre crue et formations techniques pour 45 agents de la DCPA





## EXISTANT

TAUX d'INCONFORT EN ÉTÉ :

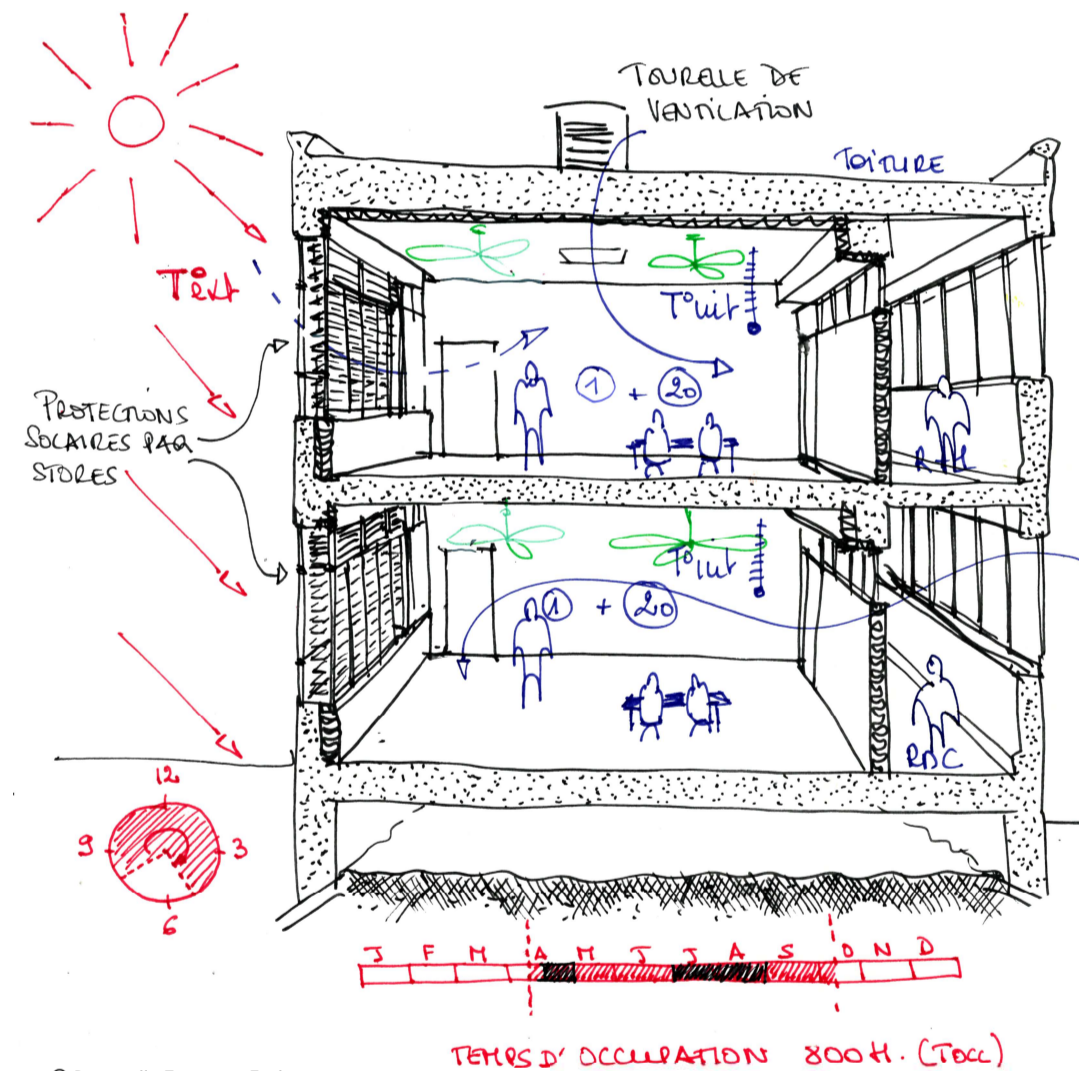
**2030 = 78,5 % d'inconfort**

2025 : moyenne de 450 heures soit 56% du Tocc

2030 : moyenne de 630 heures soit 78,5% du Tocc

2050 : moyenne de 677 h soit 85% du Tocc

A partir de mi-avril, on a déjà trop chaud !!!



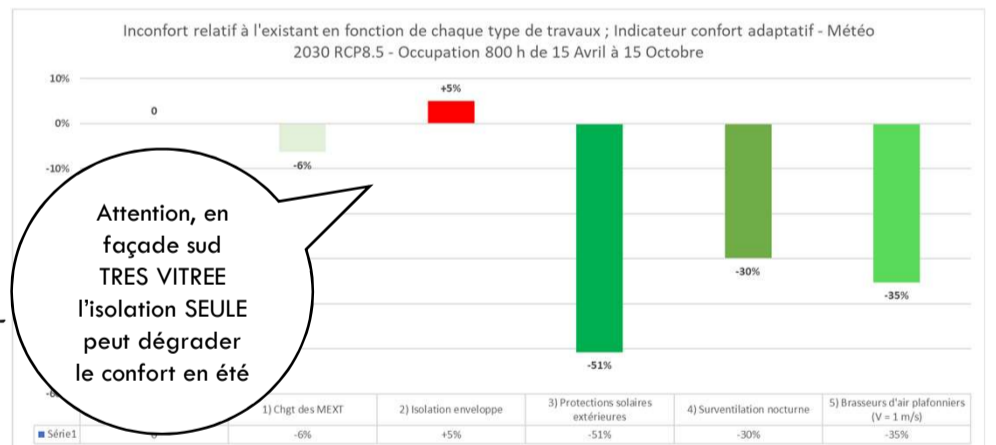
## PROJET LA RENO !

TAUX d'INCONFORT EN ÉTÉ :

**2030 = 0,5 % d'inconfort**

2030 : moyenne de 5h soit 0,5% du Tocc

2050 : moyenne de 13h soit 1,75% du Tocc



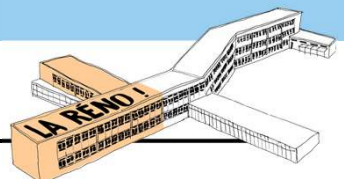
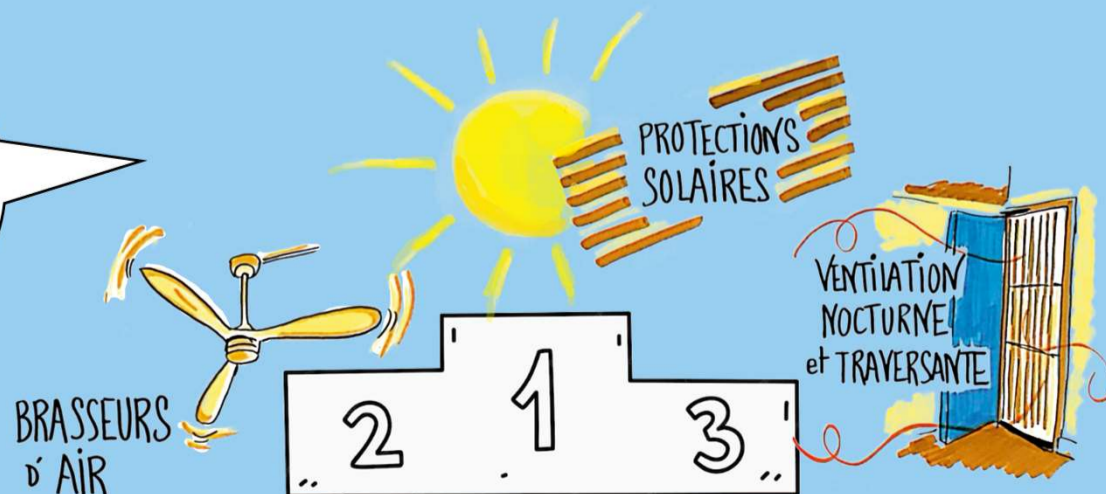
Hypothèse de modélisation de la simulation thermique dynamique

Fichier météo Paris 2030 et 2050 RCP 8.5 PoE10

Scénario d'occupation :

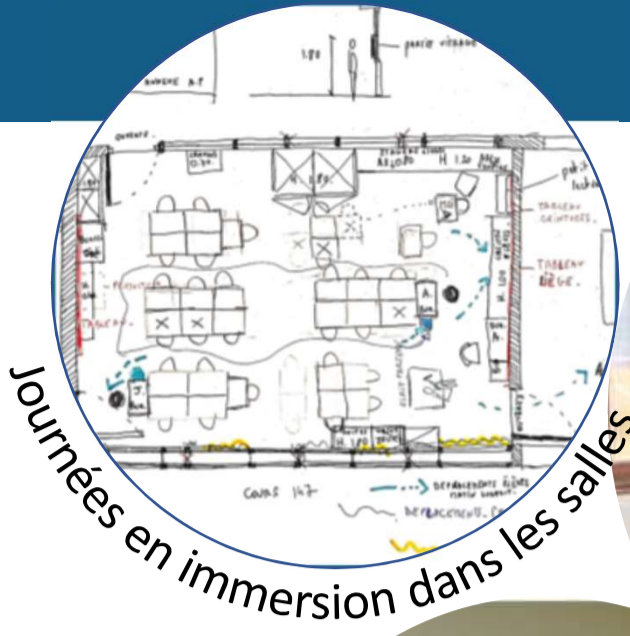
26 personnes - juillet et août exclus - soit 800 heures d'occupation - du 15 avril au 15 octobre

A LA RENO !  
 51 % de l'amélioration est créée par les protections solaires



# FAIRE AVEC LES OCCUPANTS

L'atteinte des objectifs, surtout pour le confort d'été, repose sur l'implication des usagers. Dès la conception et à toutes les phases du projet, une collaboration active s'est nouée entre les occupants et l'équipe du projet



Journées en immersion dans les salles



Visites de chantier



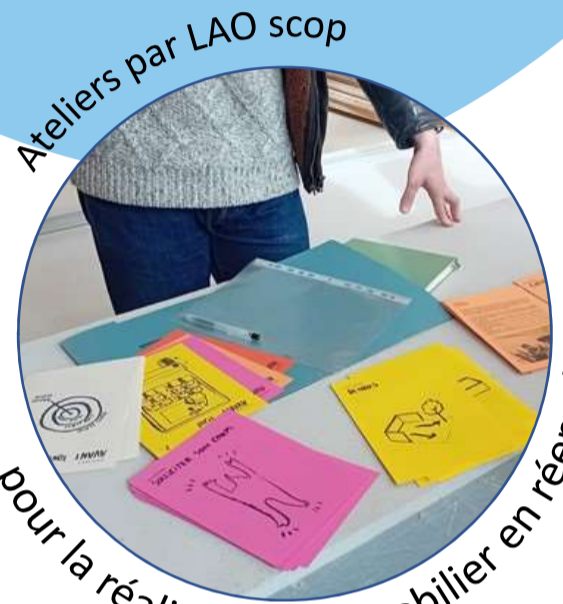
Exposition sur la terre crue

avec le collectif MUD



Signalétique et guide usagers

Delphine Grinberg avec Onepoint



Ateliers par LAO scop

pour la réalisation de mobilier en réemploi



Journée « Bien dans ma peau, bien dans ma classe »

de sensibilisation à la thermique



Reportage du chantier par les enfants avec le CAUE

Saïd est plaquiste. Son outil préféré est la visseuse. Il l'utilise pour fixer des éléments.



Dispositif d'affichage inventif en réemploi

par Baptiste Bureau et Atelier Veroliv



Echanges avec le personnel d'entretien



Atelier terre crue avec le CAUE



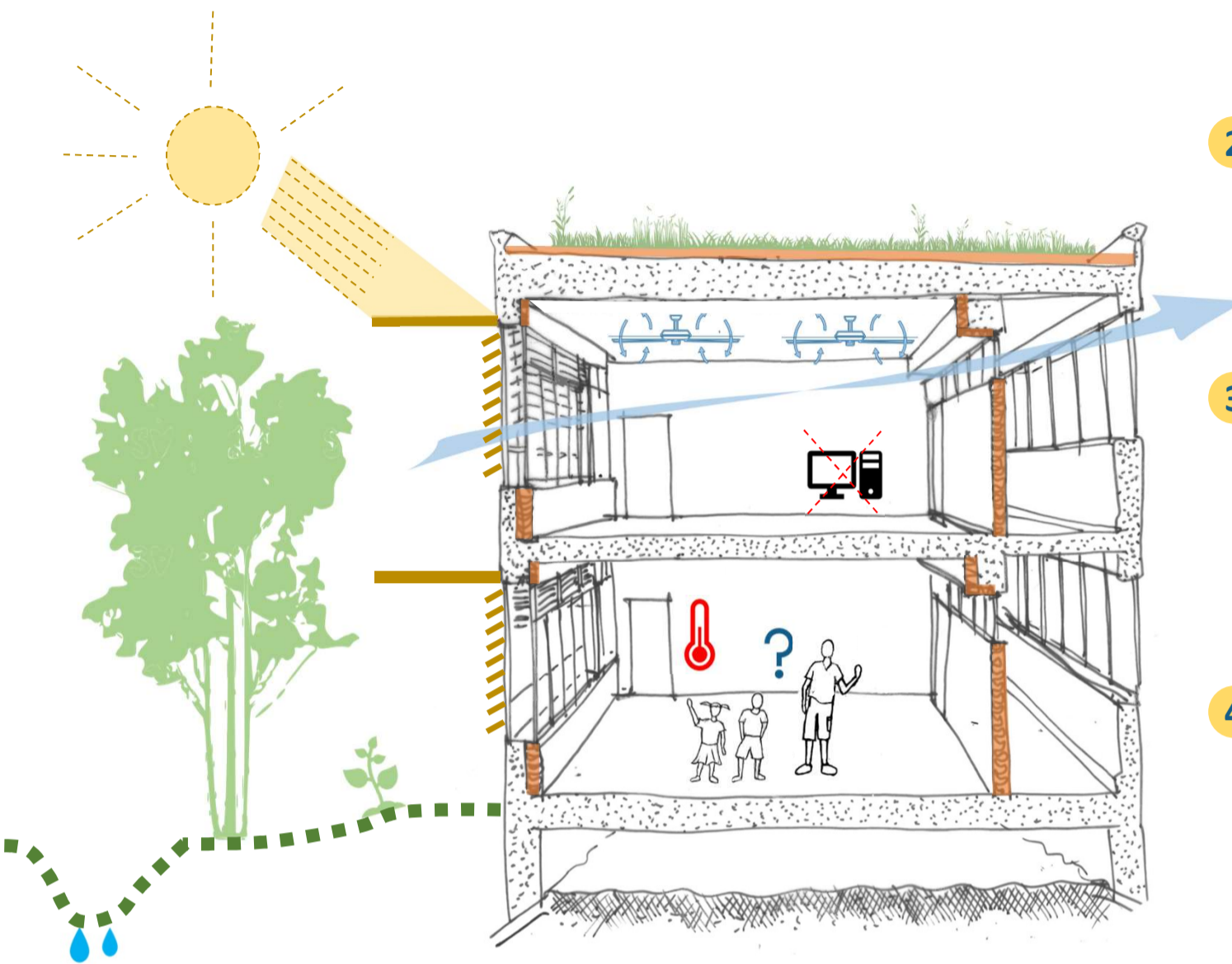
Maquettes pédagogiques



Fenêtres de vérité

Et à venir : le retour d'expérience des usagers in situ et l'instrumentation pour le suivi des performances ...

## CONFORT D'ÉTÉ



Et si ça ne suffit pas...

INSTALLER DES DISPOSITIFS DE RAFFRAICHISSEMENT SANS CLIM

- Raffraîchissement adiabatique (Modules autonomes adiabatiques ou module couplé à une CTA)
- Géothermie peu profonde (Puits canadiens...)
- Réseau de froid (Fraîcheur de Paris)

### 1 QUESTIONNER LES USAGERS

- Cartographier et identifier les faiblesses du bâtiment
- Questionnaire usagers
- Relevés de température avant projet

### 2 EMPECHER LA CHALEUR DE RENTRER

- Isolation thermique
- Protections solaires extérieures
- En végétalisant
- Adaptation des MEXT

### 3 ATTENUER LES PICS DE CHALEUR EVACUER LA CHALEUR

- Utiliser l'inertie
  - Conservation des parois à matériaux à fortes inerties (béton, pierre, terre crue)
- Réguler l'humidité
  - Matériaux aux propriétés hygrothermiques
- Ventilation Naturelle
  - Ouvrants dédiés à la ventilation nocturne Dispositif de VNAT plus poussés : tours à vent, atrium, ..
  - + Ventilation Mécanique (si nécessaire)
  - Surventilation hybride/ mécanique/naturelle

### 4 RAFFRAICHIR LES ABORDS DU BÂTI

- Végétalisation
- Utiliser l'eau
  - Récupération d'eau de pluie pour l'arrosage
  - Noues paysagères
- Changer les revêtements
  - Revêtements perméables
  - Revêtements clair avec albédo moyen 0,2 à 0,6

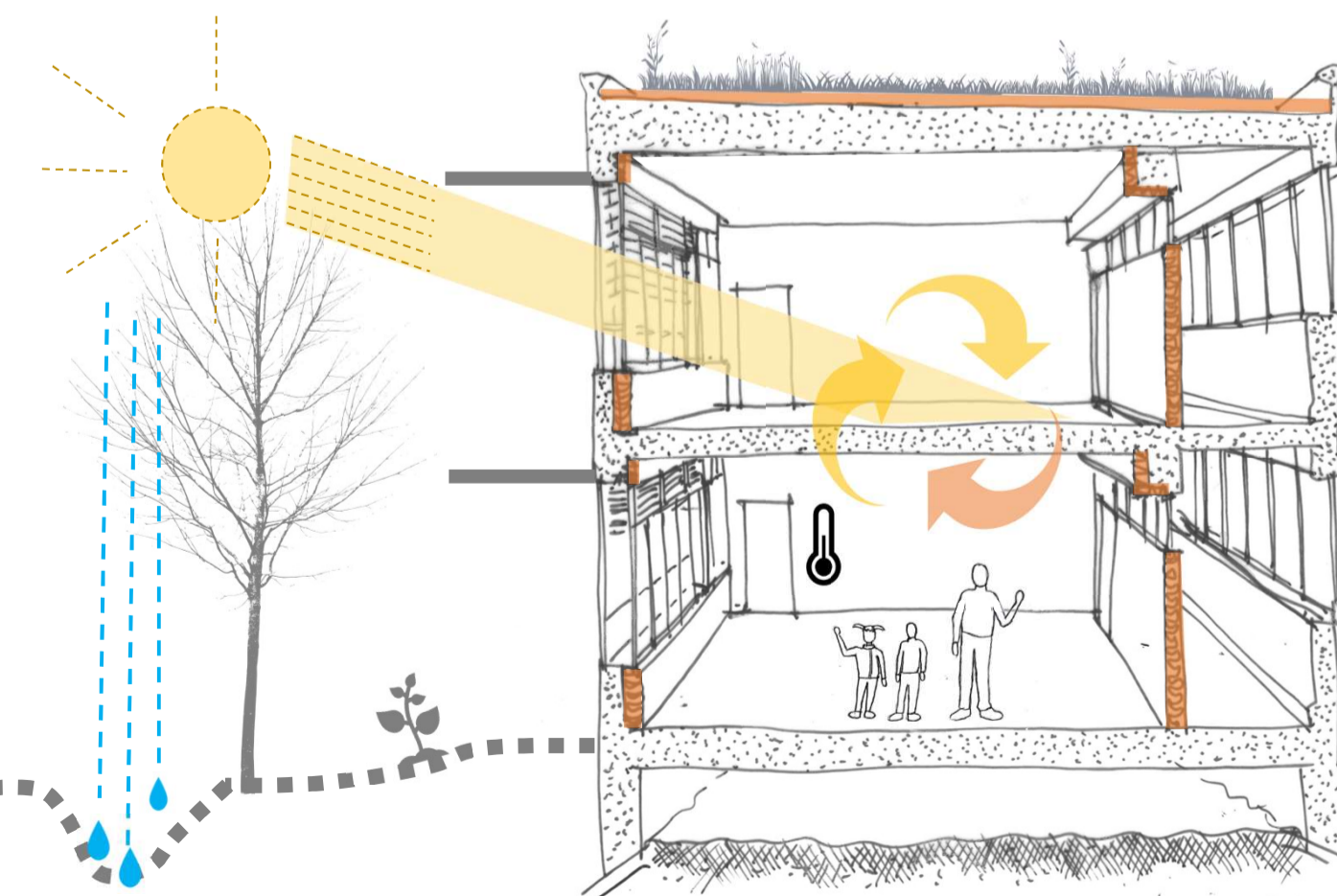
### 5 LIMITER LES APPORTS INTERNES

- Limiter les appareils électriques
- Repenser l'organisation
  - Espaces refuges refroidis/raffraîchis mais localisés
  - Adaptation des horaires

### 6 JOUER SUR LE CONFORT RESSENTI

- Ventilation naturelle
- Brasseurs d'air

## CONFORT D'HIVER



### 1 CAPTER LA CHALEUR

- Maximiser les apports solaires

### 2 STOCKER LA CHALEUR

### 3 CONSERVER LA CHALEUR

- Isolation thermique
  - Isolation des murs verticaux
  - Isolation de la toiture
- Adaptation des MEXT
  - Passer du simple au double vitrage

### 4 DISTRIBUER LA CHALEUR