

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

INGÉNIERIE, INNOVATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Coefficient 16

Durée : 20 minutes -1 heure de préparation

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

Constitution du sujet :

- **Dossier de Présentation**..... Page 2
- **Dossier de Travail Demandé**..... Pages 3 à 4
 - Partie relative aux enseignements communs Page 3
 - Partie relative à l'enseignement spécifique..... Page 4
- **Dossier Technique et Ressource** Pages 5 à 10

Rappel du règlement de l'épreuve

L'épreuve s'appuie sur une étude de cas issue d'un dossier fourni au candidat par l'examineur et présentant un produit pluritechnologique.

Un questionnaire est remis au candidat avec le dossier en début de la préparation de l'épreuve. Il permet de résoudre une problématique technologique (sans entraîner le développement de calculs mathématiques importants) afin d'évaluer des compétences et connaissances associées, de la partie relative aux enseignements communs et propres à l'enseignement spécifique choisi par le candidat lors de son inscription.

Pendant l'interrogation, le candidat dispose de 10 minutes pour exposer les conclusions de sa préparation avant de répondre aux questions de l'examineur, relatives à la résolution du problème posé.

Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D	Session 2021
Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle	Code : 2021-02-AC
	Page 1 / 10

DOSSIER DE PRÉSENTATION

RHD9 EURATECHNOLOGIES

Mise en situation

TERENEO, promoteur et précurseur dans l'amélioration des performances énergétiques des bâtiments, prévoit le lancement de la construction du bâtiment RDH9 EURATECHNOLOGIES à partir de mai 2021.



Ce bâtiment, à destination de bureaux, se situe au sein des quartiers des rives de la Haute Deûle à Lille.

Avec ses 13 236 m² de surface totale, ce bâtiment se situe en 3^{ème} position dans le palmarès des bâtiments passifs les plus grands qui existent à ce jour en Europe.

Afin de rendre compte de ses performances énergétiques, le promoteur souhaite labelliser son nouveau projet avec :

- le label E+/C- d'un niveau E2C2 ;
- le label BBC Effinergie 2017 ;
- le label Passivhaus.

L'objectif est de vérifier l'éligibilité du projet RHD9 EURATECHNOLOGIES au regard des exigences des labels E+/C-, BBC Effinergie 2017 et Passivhaus.

DOSSIER DE TRAVAIL DEMANDE

Partie relative aux enseignements communs

L'objectif de cette partie est de valider l'exigence de la consommation en énergie primaire du label Passivhaus et l'exigence d'émissions de CO₂ du label E+/C- .

Le maître d'œuvre a fait le choix d'installer deux pompes à chaleur comme système de production en chauffage du bâtiment, et de mettre en œuvre, pour l'émission de chaleur, des panneaux rayonnants en plafond.

Question 1 **Compléter** la chaîne d'énergie du système de chauffage de la figure 1 avec les mots suivants : thermique / électrique / panneaux rayonnants / convertir.
DTR1

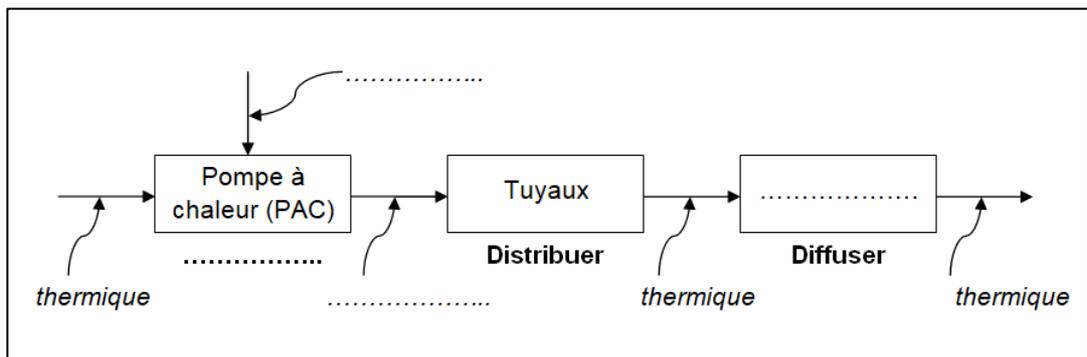


Figure 1 : Chaîne d'énergie du système de chauffage

Question 2 **Calculer** la consommation en énergie primaire d'une pompe à chaleur sachant que l'énergie payante absorbée par une pompe à chaleur est de $2,5 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$. **Déduire** la consommation totale en énergie primaire du bâtiment.
DTR1
DTR3

Question 3 La consommation totale en énergie primaire du bâtiment est comprise entre $115 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ et $119 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$. **Conclure** sur le respect ou non de l'exigence de consommations en énergie primaire du label Passivhaus.
DTR4

Question 4 Pour limiter la consommation d'énergie due à l'éclairage du bâtiment ($17,9 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$), la lumière au sein du bâtiment est optimisée. **Donner** le nom des capteurs utilisés dans la régulation de l'éclairage et le type de signal (analogique, logique ou numérique) que transmet chaque capteur.
DTR2

Le maître d'ouvrage souhaite qu'une étude énergétique soit réalisée avec l'installation d'une centrale photovoltaïque sur la toiture du bâtiment.

Question 5 **Calculer** les émissions de CO₂ du bâtiment avec la centrale photovoltaïque (EGES PCE). **Indiquer** si l'exigence concernant le niveau carbone 2 est toujours valide avec l'installation des panneaux photovoltaïques.
DTR5
DTR8

Partie relative à l'enseignement spécifique

L'objectif de cette partie est de valider l'exigence concernant la RT2012 et le confort d'été du label BBC Effinergie 2017, ainsi que l'exigence d'émissions de CO₂ du label E+/C- .

Afin de respecter les exigences thermiques de la RT2012, le bureau d'étude a déterminé la conductance thermique $U_{paroi\ exigée} \leq 0,128 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

Question 6 **Identifier** les différents éléments composant la paroi extérieure du bâtiment RHD9.

DTR7

Question 7 **Calculer** la conductance réelle U_{paroi} . **Valider** le dimensionnement thermique de la paroi.

DTR7

DTR9

Question 8 **Lister** les paramètres qui ont une influence sur le confort d'été. **Vérifier** l'exigence de la température de confort en été.

DTR4

DTR10

Question 9 **Expliquer** pourquoi le maître d'ouvrage a choisi une structure en bois ainsi que la fibre de bois comme isolant au regard du niveau carbone 2 du label E+/C-.

DTR5

DTR6

Question 10 **Conclure** sur l'attribution ou non des labels demandés pour le projet RHD9. **Proposer** d'autres pistes favorables à la baisse du bilan carbone du bâtiment.

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCE

DTR1 : Pompe à chaleur

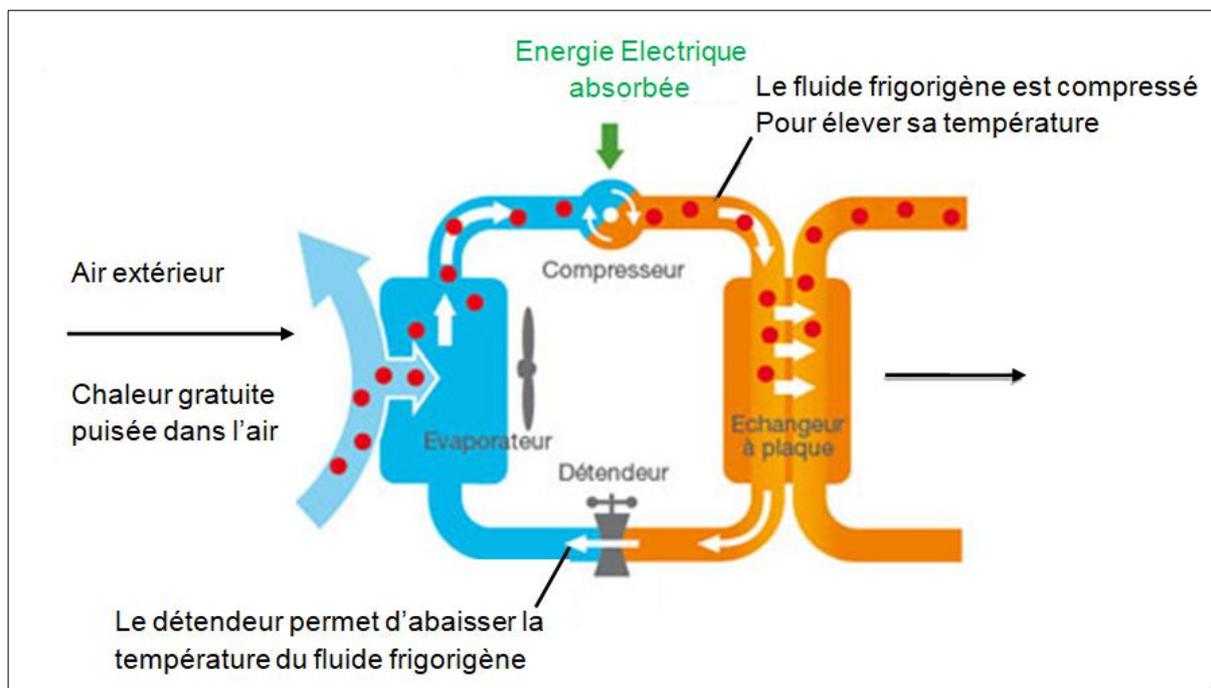


Figure 2 : Schéma de Principe de la Pompe à chaleur air/eau

▪ Différence entre énergie primaire et énergie finale :

- **l'énergie primaire** est l'énergie « potentielle » contenue dans les ressources naturelles (comme le bois, le gaz, le pétrole, etc.) avant toute transformation ;
- **l'énergie finale** est l'énergie consommée et facturée à chaque bâtiment, en tenant compte des pertes lors de la production, du transport et de la transformation du combustible ;
- mis à part l'énergie électrique, le taux de conversion de toutes les autres énergies est de 1 (énergie primaire = énergie finale) ;
- pour l'électricité, 1 kWh en énergie finale équivaut à 2,58 kWh en énergie primaire.



Les coefficients de transformation en énergie primaire sont donc par convention de 2,58 pour l'électricité et 1 pour toutes les autres énergies (gaz, fioul domestique, GPL, EnR...).

DTR2 : Gestion de l'éclairage du bâtiment

Afin d'optimiser un maximum la consommation d'énergie due à l'éclairage du bâtiment, la lumière au sein du bâtiment est optimisée : 100% des espaces de bureaux sont en façade et bénéficient d'un éclairage de 1^{er} jour*.

L'éclairage artificiel sera assurée par des lampes LED peu consommatrices d'énergie. Pour profiter au maximum du potentiel de lumière naturelle du bâtiment. L'éclairage sera fractionné, les circuits des rampes à proximité des baies seront distincts de ceux situés en cœur de bâtiment. La régulation de l'éclairage se fera par de détecteurs de présences et une graduation en fonction du niveau de luminosité intérieure.

*L'éclairage de 1^{er} jour signifie que les postes de travail se situent à moins de 6 mètres de la lumière naturelle.

DTR3 : Répartition de la consommation en énergie primaire du bâtiment RHD9 par poste

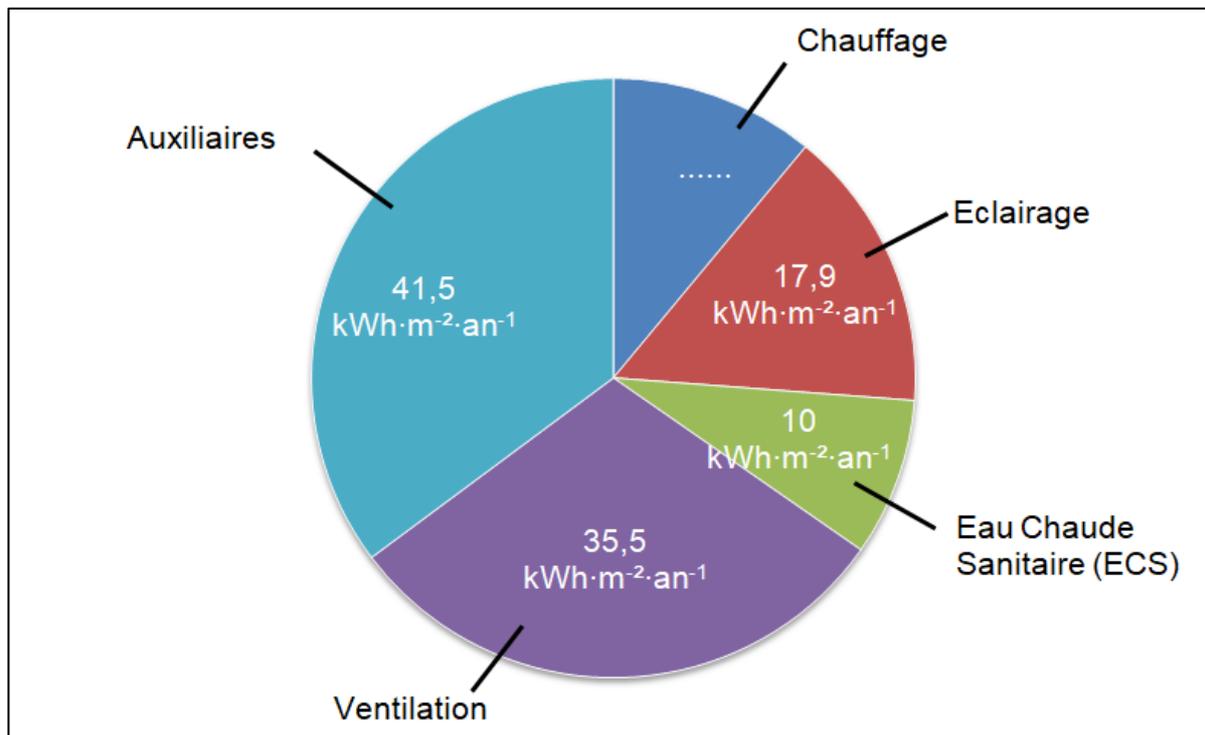


Figure 3 : Répartition de la consommation en énergie primaire du bâtiment RHD9 par poste

DTR4 : Exigences du Label Passivhaus et du Label BBC Effinergie 2017

L'obtention du label Passivhaus repose sur un cahier des charges précis :

- la consommation de chauffage doit être inférieure à 15 kWh par mètre carré et par an. Il est considéré que 15 kWh·m²·an⁻¹ suffisent à chauffer un bâtiment dans de bonnes conditions grâce au soleil et à la récupération de la chaleur interne ;
- l'étanchéité de l'enveloppe de l'habitat doit être de $n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$. Cela signifie que l'habitat doit être assez étanche afin de conserver la chaleur dans l'enceinte de la maison ;
- les besoins en énergie primaire doivent être inférieurs à 120 kWh par mètre carré par an.

Pour obtenir le label Effinergie 2017, le bâtiment doit répondre aux exigences suivantes :

- respect de la réglementation thermique RT2012 ;
- respect du niveau Energie 2 et du niveau Carbone 1 minimum du label E+/C- ;
- respect d'exigences complémentaires dont une atteinte de température supérieure à 28 °C moins de 50 h par an justifié par une simulation thermique dynamique (STD).

DTR5 : Exigences du niveau carbone du Label E+/C-

Le niveau Carbone du label Energie Carbone correspond à la quantité d'émissions de gaz à effet de serre (GES) totales sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment (50 ans).

Celles-ci sont réparties sur les postes suivants :

- produits de construction et équipements ;
- consommations d'énergie ;
- consommations et rejets d'eau ;
- impact du chantier.

Les deux critères à respecter pour le niveau carbone 2 sont :

- les émissions de GES totales : $EGES \leq 1043,8 \text{ kgCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{ SdP}^{(1)}$;
- les émissions de GES des produits de construction et équipements $EGES \text{ PCE} \leq 950,8 \text{ kgCO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \text{ SdP}^{(1)}$.

⁽¹⁾Surface de Plancher

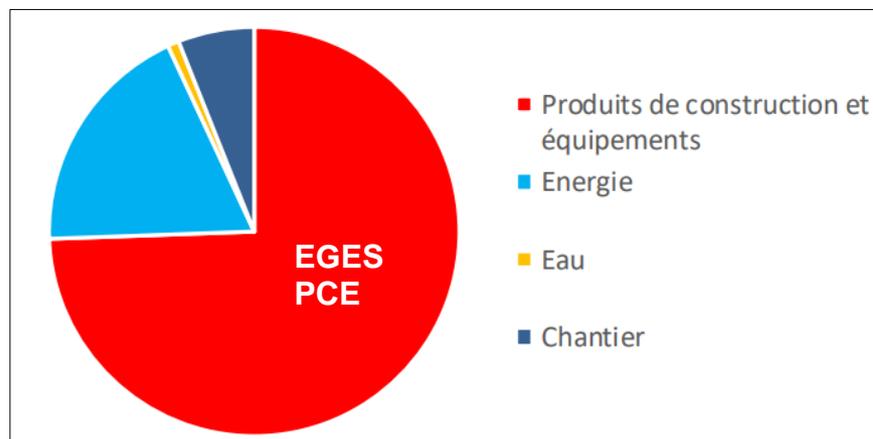


Figure 4 : Répartition des EGES totales

DTR6 : Impact carbone des matériaux structurels

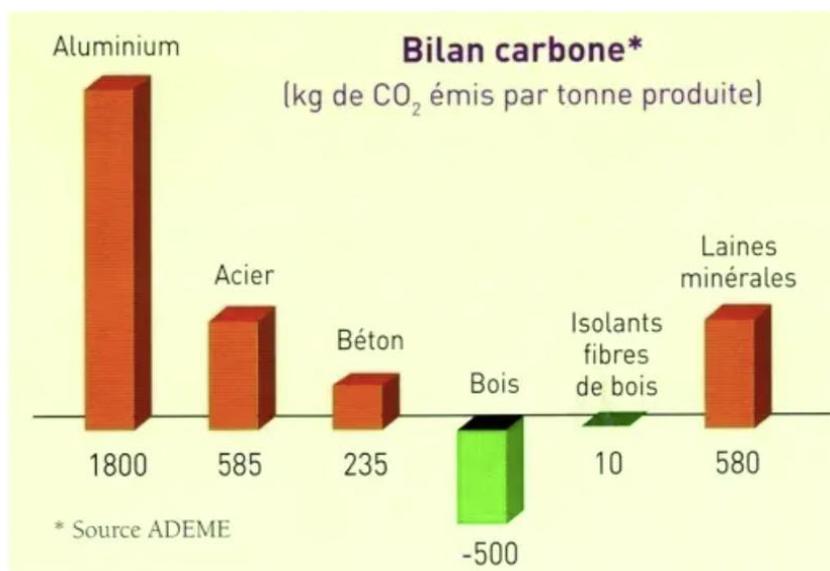


Figure 5 : Bilan carbone en kg de CO₂ émis par tonne de matériaux produite

DTR7 : Extrait CCTP du projet RHD9

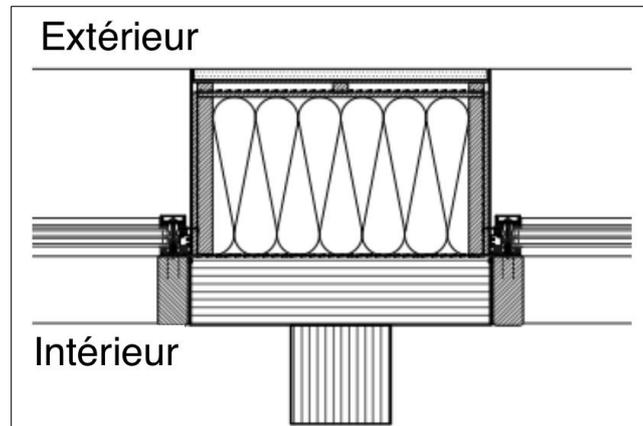


Figure 6 : Coupe de principe horizontale d'une partie du mur extérieure du projet RHD9

2-1.9.1 Structure porteuse

La structure porteuse est constituée de mur à ossature bois type CLT 100 mm dus par le lot CHARPENTE ET OSSATURE BOIS. Elle assure la stabilité du bâtiment ($\lambda_{CLT} = 0,13 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

2-1.9.2 Ossature secondaire

- Madrier bois 80 x 330 mm, entraxe régulier suivant plans structure.
- Panneaux OSB 3 ép. 10 mm, compris fixations sur la face extérieure de l'ossature principale ($\lambda_{OSB3} = 0,13 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

Isolation thermique

Remplissage entre madrier d'un isolant en fibre de bois, épaisseur 32 cm ($\lambda_{ISOLANT} = 0,040 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

Pare pluie

Une protection de l'isolation est prévue par la mise en œuvre d'un écran « pare-pluie » réalisé par un film polyane de 100 microns, jointoiment des lés entre eux par large recouvrement ($\lambda_{PARE\ PLUIE} = \text{négligeable}$).

Panneau intermédiaire

Bardage ventilé rapporté type Natural Durable ou Nature Xtreme de ROCKPANEL ou équivalent constitué de panneaux massifs à base de fibres de laines de roche et de résines thermodurcissables vissés ou rivetés sur une ossature verticale tasseautages bois solidarités à la structure bois du bâtiment ... Epaisseur des panneaux 10 mm ($\lambda_{PANNEAU} = 0,37 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

2-1.9.4 Peau extérieure – Briquettes

La peau extérieure est constituée d'un revêtement mural en brique de type « Système de façade SIGNA » de VANDERSANDEN ou équivalent épaisseur 60 mm ($\lambda_{BRIQUETTE} = 0,53 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$).

DTR8 : Impact carbone de la centrale photovoltaïque et du bâtiment RHD9

Impact carbone de la centrale photovoltaïque sur 50 ans

L'impact carbone de la centrale photovoltaïque se calcule comme suit :

Nombre de modules photovoltaïques x Impact carbone de la fabrication d'un module photovoltaïque

- La centrale photovoltaïque est composée de 570 modules photovoltaïques.
- *Emissions de CO₂ par module photovoltaïque = 1,165.10³ kg CO₂ eq / module.*

Impact carbone du bâtiment RHD9 sur 50 ans

L'impact carbone du bâtiment RDH9 avec la centrale photovoltaïque se calcule comme suit :

EGES PCE RHD9 sans centrale photovoltaïque + Impact carbone de la centrale photovoltaïque en kg CO₂·m⁻² SdP⁽¹⁾

- *EGES PCE RHD9 sans centrale photovoltaïque = 758, 2 kg CO₂·m⁻² SdP⁽¹⁾*
- *Surface de plancher = 13 236 m²*

⁽¹⁾Surface de Plancher

DTR9 : Conductance thermique U_{paroi}

La conductance thermique U

La conductance thermique, notée U, de la paroi représente la déperdition énergétique de la paroi exprimée en W·m⁻²·K⁻¹.

Elle est l'inverse de la résistance thermique de la paroi : $U = 1/R$

La résistance thermique R

La résistance thermique, notée R, de la paroi représente la résistance thermique à l'écoulement du flux de chaleur transmis par conduction, qui ne dépend que de la conductivité, et de l'épaisseur de matériau mis en œuvre.

La résistance thermique d'une paroi se calcule en faisant la somme des résistances thermiques de chaque matériau composant cette paroi, avec les résistances thermiques superficielles intérieures et extérieures (R_{si} et R_{se}), exprimées en m²·K·W⁻¹.

$R = R_{si} + \sum e_j/\lambda_j + R_{se}$ Avec :

- e_j : épaisseur du matériau indicé « j » (m),
- λ_j : conductivité thermique du matériau « j » (W·m⁻¹·K⁻¹)
- $R_{si} = 0,13$ m²·K·W⁻¹
- $R_{se} = 0,04$ m²·K·W⁻¹

DTR10 : Le confort d'été

Le confort d'été consiste à maintenir un air relativement frais dans le bâtiment, même en période de fortes chaleurs.

Les paramètres du bâtiment qui jouent sur le confort d'été sont :

- la conception du bâtiment et l'orientation ;
- la composition des parois ;
- la présence et le dimensionnement des protections solaires ;
- le taux et la durée d'occupation des locaux ;
- les apports de chaleur internes : choix et dimensionnement du système de ventilation, du système d'éclairage, présence de machines dans les locaux.

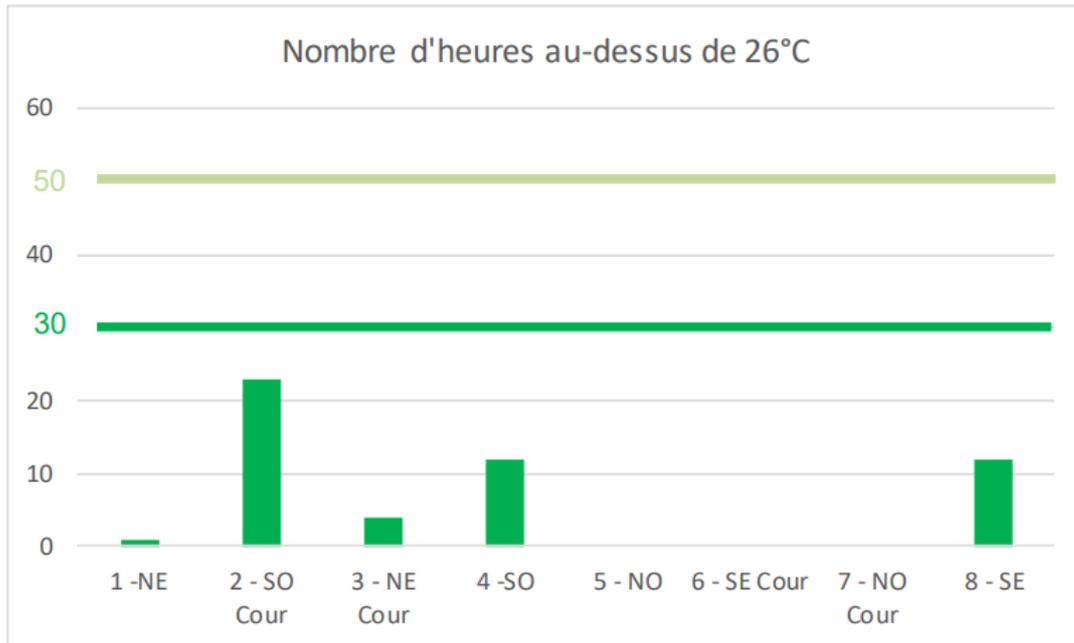


Figure 7 : Nombre d'heures au dessus de 26 °C en fonction des différentes façades du bâtiment

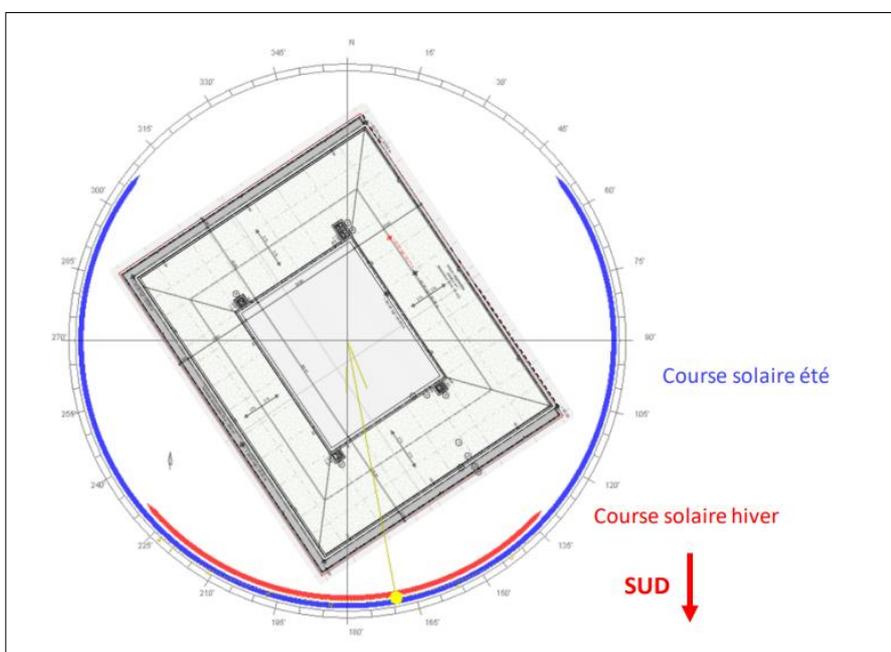


Figure 8 : Orientation du bâtiment RHD9