



# DID Ouen Toro

Audit Thermique de la station du Ouen Toro

## Audit Thermique

10/09/2025

Rapport n° : 1



Agence Nouméa • 1Bis rue Berthelot, BP 3583, 98846 Nouméa Cedex  
Tél. (687) 28 34 80 • [secretariat@soproner.nc](mailto:secretariat@soproner.nc)

Le système qualité de GINGER SOPRONER est certifié ISO 9001-2015 par



## Évolution du document

Vers.	Date	Chef de projet	Ingénieur d'études	Description des mises à jour
1	10/09/25	Dorian HARAN	Lucas LAUWERS	Création du document

## Sommaire

1.	INTRODUCTION .....	4
2.	PRESENTATION GENERALE.....	5
2.1	Localisation .....	5
2.2	Organisation du site .....	6
3.	ENVELOPPE DU BATIMENT .....	7
3.1	État des structures et observations visuelles .....	7
3.1.1	Orientation solaire et importance de l'albédo.....	8
3.2	Résultats des relevés par caméra thermique.....	9
3.3	Analyse des sondes de température et hygrométrie .....	11
3.3.1	Capteur extérieur .....	11
3.3.2	Capteur sous plenum .....	13
3.3.3	Capteur Soufflage CTA.....	15
3.3.4	Capteur Local télécommunication .....	16
4.	INSTALLATION TECHNIQUE .....	18
4.1	Centrale d'eau glacée.....	18
4.2	Traitement de l'air .....	19
4.2.1	CTA AN1.....	19
4.2.2	CTA 1.1 / 1.2.....	20
4.2.3	Armoires de précisions .....	20
4.2.4	UTA 295/04 H.....	21
4.2.5	Cassette horizontale major .....	21
4.2.6	Autres systèmes .....	21
4.2.7	Extraction Air .....	21
4.2.8	Régulation.....	22
5.	DIAGNOSTIC .....	23
5.1	Diagnostic de l'enveloppe .....	23
5.2	Diagnostic Installation technique .....	23

## 6. RECOMMANDATIONS ..... 27

### Liste des figures

Figure 1 – Station DID Ouen Toro .....	5
Figure 2 – Variation de la température extérieur Nouméa .....	5
Figure 3 – Répartition annuelle du vent à Nouméa .....	6
Figure 4 – Photo de la façade Nord et du faux plafond .....	7
Figure 5 – Photo débord de toiture et défaut façade .....	7
Figure 6 – Schéma de principe migration de l'humidité .....	8
Figure 7 – Schéma de principe du phénomène d'albedo .....	8
Figure 8 – Thermographie de la façade nord .....	9
Figure 9 – Thermographie Plénum .....	9
Figure 10 – Thermographie Façade et menuiserie .....	10
Figure 11 – Thermographie sous-sol .....	10
Figure 12 – Plan de repérage .....	11
Figure 13 – Evolution de la température extérieur et de son humidité relative pendant la période de mesure .....	12
Figure 14 – Evolution de la température et de l'hygrométrie relative de l'air extérieur 02/08/2025 .....	13
Figure 15 – Couverture nuageuse pendant la période de mesure .....	13
Figure 16 – Evolution de la température du plénum et de son humidité relative pendant la période de mesure .....	14
Figure 17 – Evolution de la température et de l'humidité relative de l'air (plénum et extérieur) 12/08/2025 .....	14
Figure 18 – Evolution de la température de l'air soufflé et de son humidité relative pendant la période de mesure .....	15
Figure 19 – Evolution de la température et de l'humidité relative de l'air (soufflé et extérieur) 12/08/2025 .....	16
Figure 20 – Evolution de la température de l'air dans le local et de son humidité relative pendant la période de mesure .....	17
Figure 21 – Photo groupe d'eau glacée et réseau .....	18
Figure 22 – Photo CTA AN1 .....	19
Figure 23 – Thermographie grille de soufflage CTA AN1 .....	19
Figure 24 – Photo CTA 1.1 / 1.2 .....	20
Figure 25 – Thermographie grille de soufflage CTA 1.1 / 1.2 .....	20
Figure 26 – Photo système de régulation .....	22
Figure 27 – Diagramme de l'air humide CTA AN1 .....	25
Figure 28 – Diagramme de l'air humide CTA 1.1 / 1.2 .....	25
Figure 29 – Schéma de principe d'une roue dessiccante à tamis moléculaire .....	28

## 1. INTRODUCTION

La DID a missionné GINGER Soproner pour un audit thermique de son installation sur son site de la station du Ouen Toro à Nouméa. Cette station constitue un bâtiment stratégique dédié aux émissions de télécommunication. Les constats initiaux révèlent la présence de moisissures dans certains espaces, traduisant des désordres liés aux fortes contraintes climatiques locales. En effet, l'environnement tropical de la Nouvelle-Calédonie, marqué par une hygrométrie élevée favorisant les risques de condensation et de développement fongique. À cela s'ajoute l'exposition directe à l'air marin, liée à la proximité immédiate du littoral, qui accentue les phénomènes de corrosion et fragilise la durabilité de l'enveloppe et des équipements.

Au-delà de l'état du bâtiment, la station abrite des équipements techniques essentiels au maintien des conditions de fonctionnement des installations de télécommunication, tels que des centrales de traitement d'air (CTA). Ces systèmes ont pour rôle d'assurer un contrôle précis de la température et de l'hygrométrie, paramètres indispensables à la pérennité des équipements sensibles. L'objectif de la présente étude est donc, dans un premier temps, d'évaluer l'efficacité et les performances de l'enveloppe, puis dans un second temps d'analyser de manière critique les équipements techniques en place. Cette démarche repose sur une campagne d'investigations comprenant des relevés thermographiques des locaux ainsi que l'installation de sondes de température et d'hygrométrie, permettant de disposer d'un diagnostic objectif et complet.

À l'issue de cette analyse, des recommandations ciblées seront proposées afin d'améliorer la performance globale de la station. Concernant l'enveloppe, elles porteront notamment sur le traitement des désordres observés (étanchéité à l'air, isolation, gestion de la condensation, lutte contre le développement des moisissures). Pour les équipements techniques, incluant une vérification des régulations, une adaptation éventuelle des puissances disponibles et une amélioration de la maîtrise de l'hygrométrie. Ces recommandations auront pour finalité de garantir la fiabilité, la durabilité et la résilience des installations dans un contexte climatique exigeant.

## 2. PRESENTATION GENERALE

### 2.1 Localisation

La station du DID du Ouen Toro est implantée sur la presqu'île du même nom, au sud de la commune de Nouméa, en Nouvelle-Calédonie. Le site se situe sur les hauteurs du Ouen Toro, un relief stratégique dominant la baie de l'Anse Vata, offrant une position privilégiée pour l'émission et la réception des signaux de télécommunication. Cette implantation géographique explique la présence d'infrastructures techniques essentielles, dont la station étudiée.

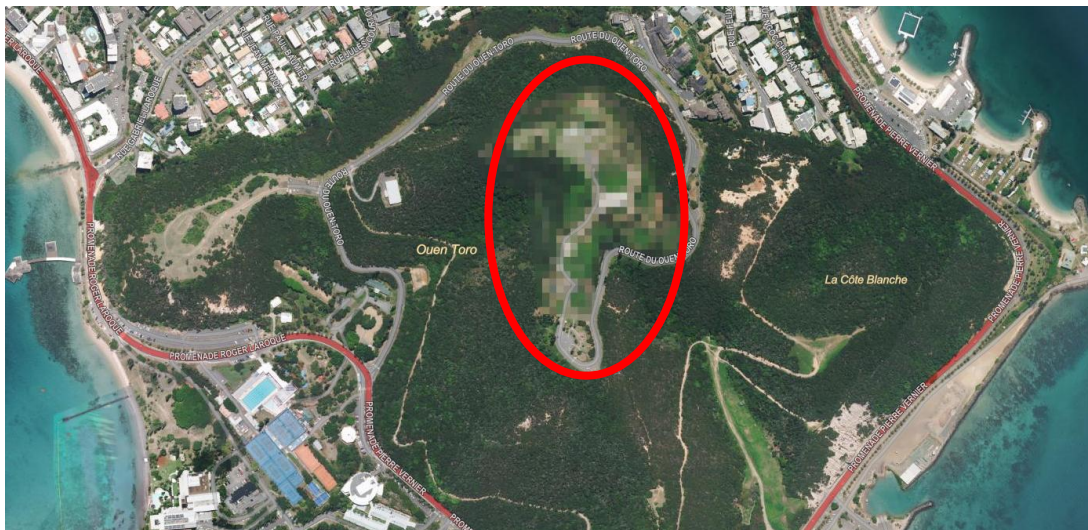


Figure 1 – Station DID Ouen Toro

Sur le plan climatique, Nouméa bénéficie d'un climat tropical océanique caractérisé par deux grandes saisons :

- La saison chaude et humide (novembre à mars) : les températures maximales journalières atteignent fréquemment 30 à 31 °C en février, le mois le plus chaud de l'année. L'humidité relative est particulièrement élevée, autour de 70 à 74 %, favorisant les risques de condensation et de développement fongique. Cette période correspond également à la saison cyclonique, avec des épisodes pluvieux intenses.
- La saison fraîche et plus sèche (juin à septembre) : les températures sont plus modérées, avec des maxima journaliers autour de 24 °C en juillet et des minima nocturnes pouvant descendre jusqu'à 15 °C. L'humidité relative reste néanmoins importante, généralement comprise entre 66 et 69 %.

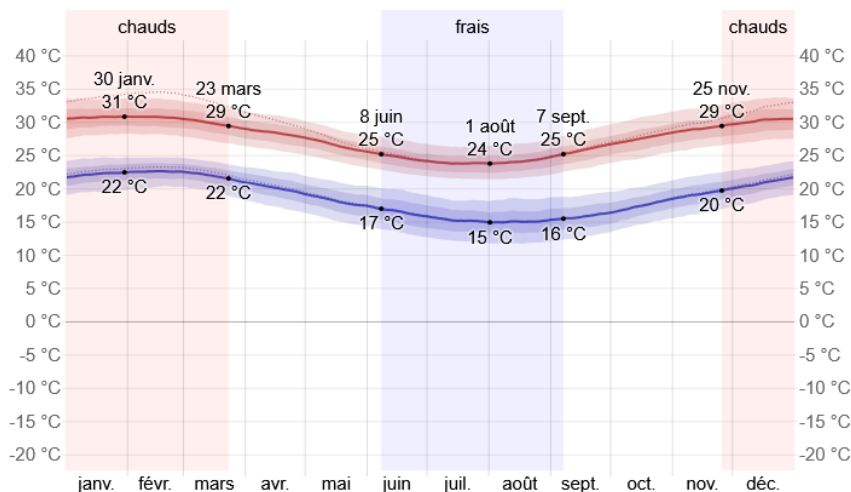


Figure 2 – Variation de la température extérieur Nouméa

La proximité immédiate de la mer expose directement le bâtiment et ses équipements à l'air marin, riche en sels, entraînant des phénomènes de corrosion accélérée sur les matériaux métalliques et électroniques. Cette localisation,

si elle est favorable à la couverture des réseaux, représente donc un environnement particulièrement contraignant pour la conservation du bâti et le bon fonctionnement des installations techniques.

On observe une prédominance nette des vents d'Est à Sud-Est (E, ESE, SE), typique du régime d'alizés de la Nouvelle-Calédonie. Ces vents sont majoritairement compris entre 10 et 30 km/h, avec une fréquence marquée dans la tranche 20 à 30 km/h. Les vents supérieurs à 30 km/h restent occasionnels mais non négligeables.

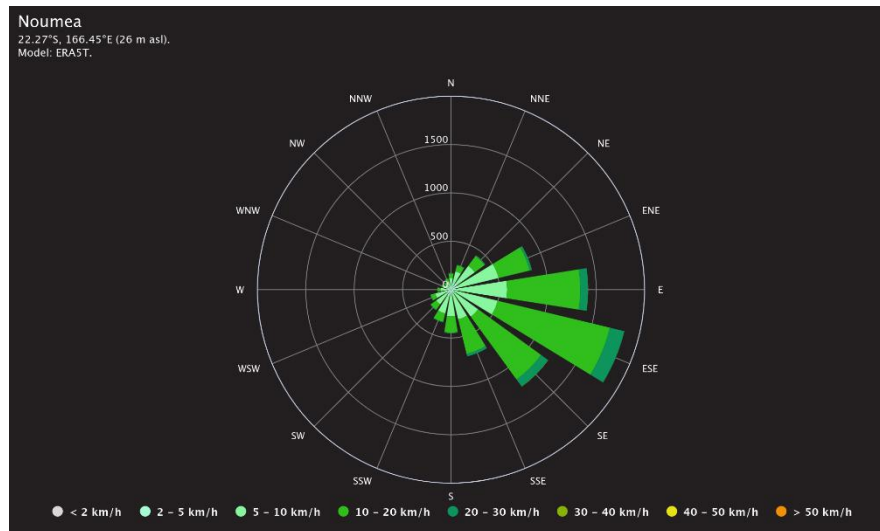


Figure 3 – Répartition annuelle du vent à Nouméa

Les autres directions de vent apparaissent de manière marginale, avec des vitesses généralement plus faibles (< 10 km/h). Les vents de secteur Ouest et Nord-Ouest sont rares, confirmant le caractère dominant des alizés dans cette région.

Ce régime de vent a plusieurs conséquences directes sur le bâtiment étudié :

- Une exposition accrue des façades Est et Sud-Est, soumises à la fois à la vitesse du vent et au transport d'air marin, accentuant les phénomènes de corrosion
- Une moindre sollicitation des façades Ouest et Nord, sauf en cas de perturbations météorologiques exceptionnelles

## 2.2 Organisation du site

Le bâtiment de la station du DID du Ouen Toro se compose de deux niveaux : un sous-sol (R-1) et un rez-de-chaussée (RDC).

- R-1 (185 m<sup>2</sup>) : ce niveau abrite principalement des locaux techniques ainsi que les vestiaires. Il est important de noter que ce niveau est maintenu à température ambiante, sans système de traitement d'air spécifique. Ces espaces constituent essentiellement des zones de service et de soutien aux installations situées à l'étage supérieur.
- RDC (302 m<sup>2</sup>) : ce niveau comprend différentes fonctions :
  - Un atelier technique de 32 m<sup>2</sup>,
  - Un ensemble de zones de vie regroupant bureau, salle de détente et sanitaires pour une surface totale de 42 m<sup>2</sup>,
  - Un espace climatisé de 110 m<sup>2</sup> consacré aux équipements de télécommunications, sensibles aux variations de température et d'hygrométrie,
  - Divers locaux annexes tels qu'un local EEC, un local onduleur et d'autres espaces techniques.

L'espace dédié aux télécommunications constitue le cœur névralgique du bâtiment. C'est dans cette zone que les équipements de traitement d'air interviennent afin de garantir le maintien des conditions thermiques et hygrométriques indispensables au bon fonctionnement des installations



### 3. ENVELOPPE DU BATIMENT

#### 3.1 État des structures et observations visuelles

Lors de la visite effectuée sur site, plusieurs constats ont pu être relevés. Le bâtiment, d'ancienne construction (date non renseignée), est constitué de parois en béton de couleur crème et d'une toiture en tôle brun foncé. Un faux plafond sépare la toiture du niveau du rez-de-chaussée (RDC).



Figure 4 – Photo de la façade Nord et du faux plafond

Sur la façade Nord, la coursive d'accès équipée de persiennes procure un ombrage partiel, limitant l'ensoleillement direct sur le local de télécommunications. En revanche, la façade Ouest ne bénéficie d'aucune protection solaire adaptée, ce qui constitue un point faible, même si cette orientation n'impacte pas directement le local technique principal. De manière générale, le site ne dispose d'aucun obstacle naturel ou bâti, proche ou lointain, permettant de créer un ombrage durable. La majorité des ouvrants vitrés sont orientés vers le Sud, ce qui réduit l'exposition directe aux rayonnements solaires mais ne supprime pas totalement les apports thermiques.

L'espace climatisé dédié aux équipements de télécommunications est construit sur une dalle béton et comporte un faux plafond intégrant un isolant thermique. Cet isolant assure la séparation entre la toiture et les gaines de ventilation. Sur toute la façade, un débord de toiture en tôle apporte une protection supplémentaire. Toutefois, la couverture métallique présente des traces de corrosion liées à l'exposition constante à l'air marin, ce qui peut affecter sa durabilité.

Les ouvrants sont constitués de fenêtres coulissantes vraisemblablement en simple vitrage, en outre en mauvais état, ce qui dégrade encore davantage les performances thermiques de l'enveloppe ainsi que son étanchéité à l'air. L'analyse thermographique permettra de confirmer les performances réelles de la toiture et des parois, mais les premiers constats traduisent déjà une faible résistance thermique et une perméabilité accrue.

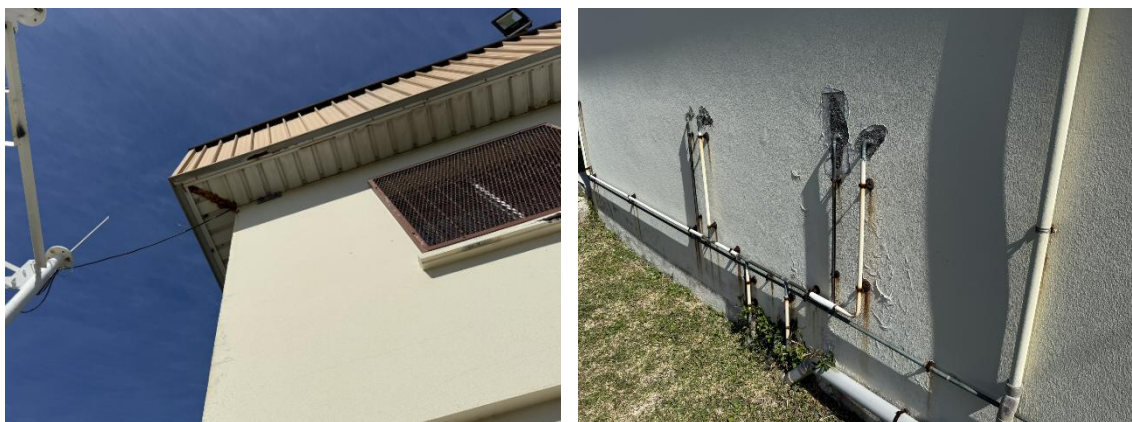


Figure 5 – Photo débord de toiture et défaut façade

Par ailleurs, l'enveloppe présente des signes de dégradation supplémentaires, notamment des fissures dans les parois. Ces désordres traduisent une perte d'étanchéité du bâti et favorisent la migration de l'humidité par deux mécanismes principaux :

- Infiltration directe : les fissures constituent des points d'entrée pour l'eau de pluie ou les remontées capillaires, qui peuvent pénétrer dans la structure et se diffuser vers les espaces intérieurs.
- Diffusion de vapeur d'eau : dans le climat tropical humide de la Nouvelle-Calédonie, la pression de vapeur extérieure est souvent supérieure à celle de l'air intérieur. En l'absence d'une étanchéité correcte, la vapeur migre naturellement à travers l'enveloppe, augmentant l'hygrométrie dans les locaux.

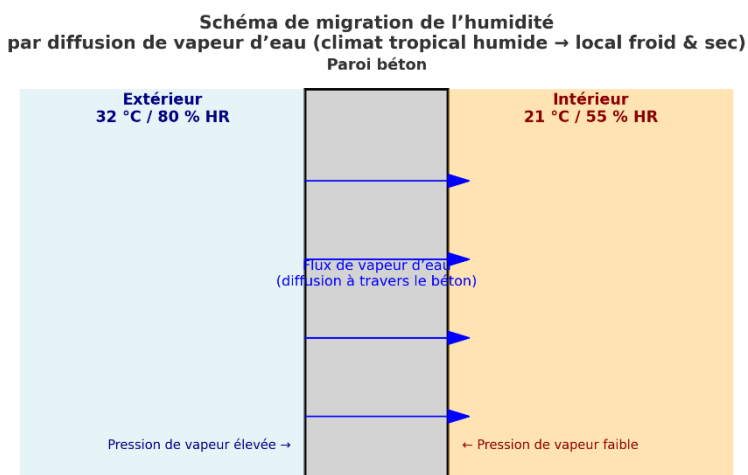


Figure 6 – Schéma de principe migration de l'humidité

Ces phénomènes sont particulièrement problématiques pour les locaux techniques, où l'air est conditionné afin de maintenir une hygrométrie contrôlée : les infiltrations parasites imposent un effort supplémentaire aux CTA et aux armoires de précision, tout en accroissant le risque de condensation et de développement de moisissures.

Il convient toutefois de souligner qu'à première vue, le bâtiment présente une conception relativement réfléchie : son orientation générale, la présence de la coursive nord équipée de persiennes, ainsi que l'existence d'un isolant en toiture traduisent une volonté initiale de limiter les apports solaires et d'assurer une protection thermique minimale.

### 3.1.1 Orientation solaire et importance de l'albédo

La Nouvelle-Calédonie est située dans l'hémisphère sud, à une latitude d'environ 22° Sud et une longitude de 166° Est. Cette position géographique confère au territoire un ensoleillement intense tout au long de l'année, avec un rayonnement solaire particulièrement marqué sur les façades exposées Nord (ensoleillement maximal en hiver austral, lorsque le soleil est bas) et Ouest (apports solaires en fin de journée, période critique pour le confort thermique des locaux).

L'absence de protections solaires sur ces façades constitue donc un facteur aggravant pour les surchauffes, surtout dans un climat tropical où l'hygrométrie est déjà élevée. Des dispositifs adaptés (casquettes, brise-soleil, stores extérieurs) permettraient de réduire significativement les apports solaires indésirables.

Par ailleurs, la nature et la couleur des surfaces environnantes jouent un rôle important via le phénomène d'albédo (pouvoir réfléchissant d'une surface). Un sol clair et végétalisé (pelouse) possède un albédo relativement élevé et limite l'absorption de chaleur, ce qui contribue à réduire la réémission thermique vers le bâtiment. À l'inverse, des sols sombres ou minéralisés (bitume, béton nu) emmagasinent la chaleur et participent aux phénomènes de surchauffe, accentuant les contraintes thermiques sur l'enveloppe.

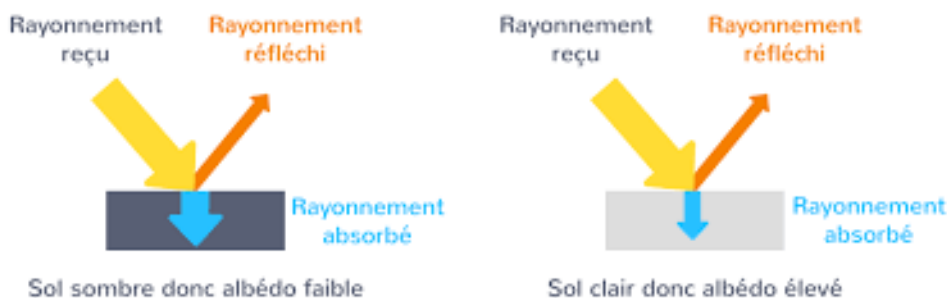


Figure 7 – Schéma de principe du phénomène d'albédo



### 3.2 Résultats des relevés par caméra thermique

L'utilisation d'une caméra thermique a permis de mieux caractériser les performances réelles de l'enveloppe.

Une caméra thermique fonctionne en mesurant le rayonnement infrarouge émis par les surfaces. Chaque matériau émet une quantité de rayonnement proportionnelle à sa température et à son émissivité. L'appareil traduit ces informations en une image en fausses couleurs, où les zones les plus chaudes apparaissent en tons rouges/orangés et les zones les plus froides en tons bleus/violet. Cette technologie permet ainsi de visualiser instantanément les différences de température et d'identifier les défauts d'isolation, les infiltrations d'air ou encore les ponts thermiques.



Lors de la visite, les relevés effectués sur la toiture ont mis en évidence plusieurs points sensibles. Bien que la couverture en tôle soit isolée en partie supérieure, ses côtés ne présentent pas de protection isolante. Or, l'acier est un excellent conducteur thermique (conductivité moyenne de l'ordre de 50 W/m·K), ce qui accentue les gains de chaleur par conduction. L'absence de ventilation dans le plénum situé au-dessus du faux plafond aggrave le phénomène : en période chaude, ce volume se comporte comme une « poche d'air chaud » qui transfère directement de la chaleur vers les locaux de télécommunications situés en dessous.

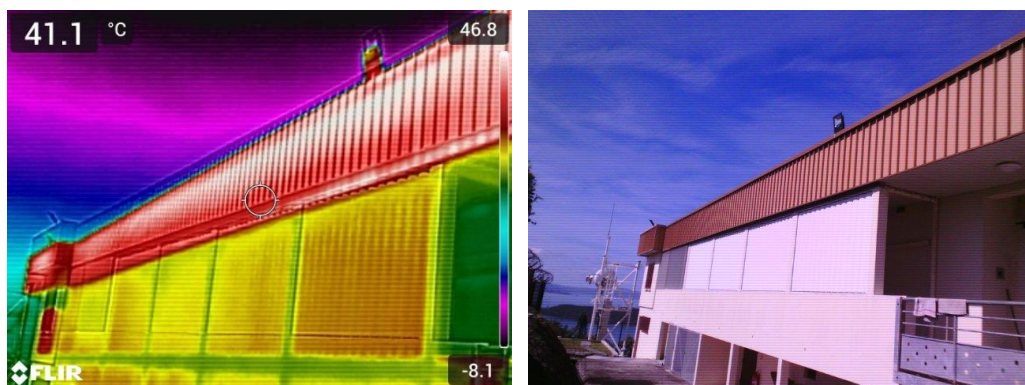


Figure 8 – Thermographie de la façade nord

L'analyse des images thermographiques a permis de mettre en évidence des différences notables au niveau de la toiture et du faux plafond. Dans le plénum isolé, les températures relevées étaient relativement basses, de l'ordre de 20-25 °C, ce qui confirme la présence d'une isolation efficace entre le faux plafond et la couverture. En revanche, la partie verticale de la toiture en tôle, dépourvue d'isolation, présentait des températures nettement plus élevées, comprises entre 30 et 35 °C.

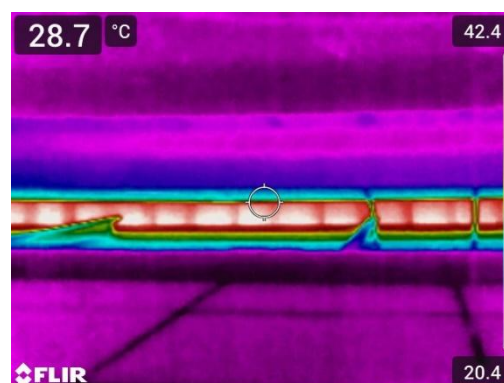


Figure 9 – Thermographie Plénum

Ces écarts sont directement liés à l'effet du rayonnement solaire sur la tôle, matériau fortement conducteur, et cela alors même que la campagne de mesures s'est déroulée en période fraîche (fin juillet). De tels désordres entraînent des variations thermiques importantes au-dessus du local technique, ce qui complique la régulation des installations de conditionnement d'air et augmente les risques de surchauffe et de déséquilibre hygrométrique dans les locaux sensibles.

Les relevés ont également mis en évidence l'absence d'isolation sur les murs extérieurs. Ces parois, constituées de béton massif, présentent certes une inertie thermique élevée, mais leur faible pouvoir isolant favorise des transferts thermiques importants. En climat tropical, ce comportement se traduit par des surchauffes internes en journée dues à l'accumulation d'énergie solaire, suivies d'une restitution lente de la chaleur durant la nuit, ce qui perturbe l'équilibre thermique des locaux.

Par ailleurs, l'analyse thermographique a montré que les fenêtres équipées de châssis en aluminium constituent un point faible supplémentaire : le métal, excellent conducteur thermique, facilite la transmission de la chaleur extérieure vers l'intérieur, accentuant les pertes de performance de l'enveloppe.

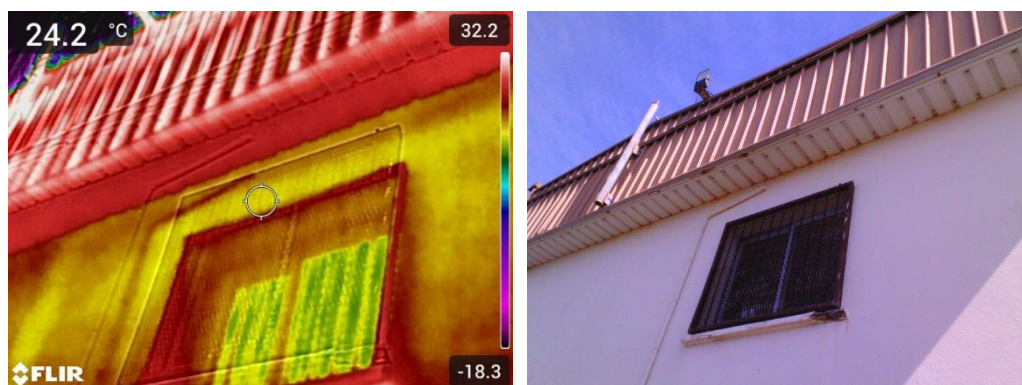


Figure 10 – Thermographie Façade et menuiserie

Enfin, une vérification a été réalisée au niveau du sous-sol (R-1), où est installé l'un des locaux techniques. Bien que cet espace soit peu exposé directement au rayonnement solaire et qu'il bénéficie de grilles de ventilation donnant sur l'extérieur, il reste maintenu à une température ambiante. De ce fait, le plancher séparant ce niveau des locaux climatisés en surplomb constitue une zone de contact non isolée. Cette configuration favorise les échanges thermiques indésirables entre les deux volumes, générant des pertes énergétiques.

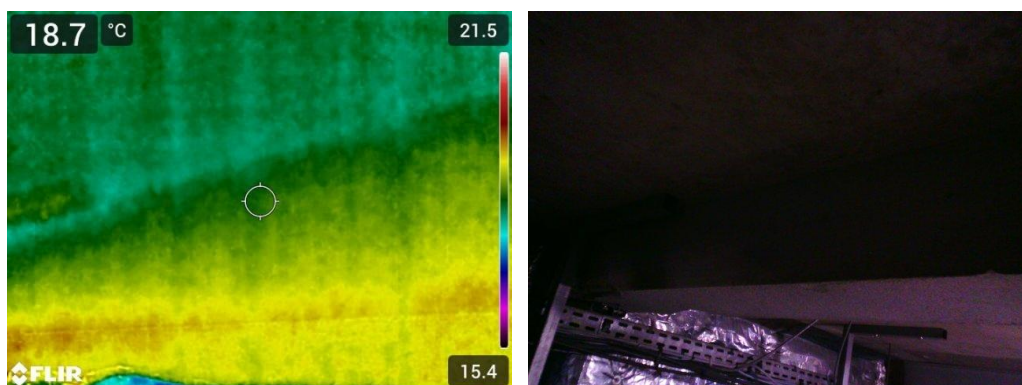


Figure 11 – Thermographie sous-sol

Ces constats, confirmés par les relevés thermographiques, montrent que l'enveloppe actuelle présente de multiples points faibles (toiture, plénum, murs et plancher bas) qui compromettent la stabilité des conditions thermiques internes et entraînent une surcharge pour les équipements de climatisation.

Par ailleurs, la salle de télécommunications est desservie par plusieurs CTA, ce qui entraîne une multiplication de gaines techniques et de percements dans les parois. Cette configuration réduit considérablement l'étanchéité à l'air

de l'enveloppe et favorise des infiltrations importantes, tant d'air chaud que d'air humide. Pour ce type de local sensible, une conception optimale devrait au contraire privilégier un maintien en légère surpression, de manière à limiter les entrées d'air parasite et à mieux contrôler l'hygrométrie ainsi que la température intérieure.

### 3.3 Analyse des sondes de température et hygrométrie

Dans le cadre de l'étude, plusieurs sondes ont été installées sur site afin de mesurer en continu la température et l'hygrométrie dans les zones jugées stratégiques. La campagne de mesures a débuté le 28/07/2025 à 12 h et s'est achevée le 18/08/2025 à 10 h, soit une durée totale d'environ 22 jours pleins.

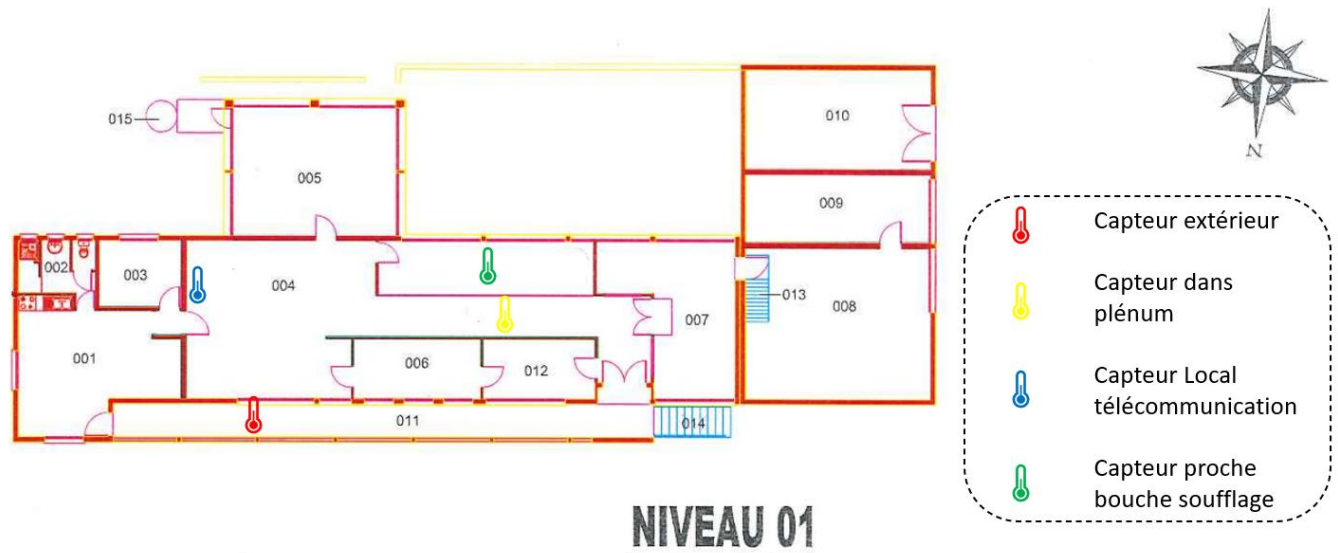


Figure 12 – Plan de repérage

Quatre capteurs ont été déployés :

- Un capteur extérieur, installé au niveau de la coursive, à l'abri du rayonnement solaire direct, pour enregistrer les conditions climatiques réelles au voisinage immédiat du bâtiment
- Un capteur dans le local technique, afin de suivre l'évolution des conditions intérieure
- Un capteur positionné au niveau d'une bouche de soufflage des CTA, pour contrôler la température et l'hygrométrie de l'air pulsé dans la salle de télécommunications
- Un capteur placé dans le plénum, juste en dessous du local technique, afin d'évaluer les conditions dans le faux plafond ainsi que l'impact des transferts thermiques et l'efficacité de l'isolation

Ces mesures constituent une base de données essentielle pour confronter les constats visuels et thermographiques aux conditions réelles de fonctionnement du bâtiment et de ses équipements.

#### 3.3.1 Capteur extérieur

Le capteur disposé à l'extérieur, sous la coursive et protégé du rayonnement solaire direct, a permis d'enregistrer l'évolution de la température et de l'hygrométrie relative durant toute la période de mesures (graphique ci-dessous).

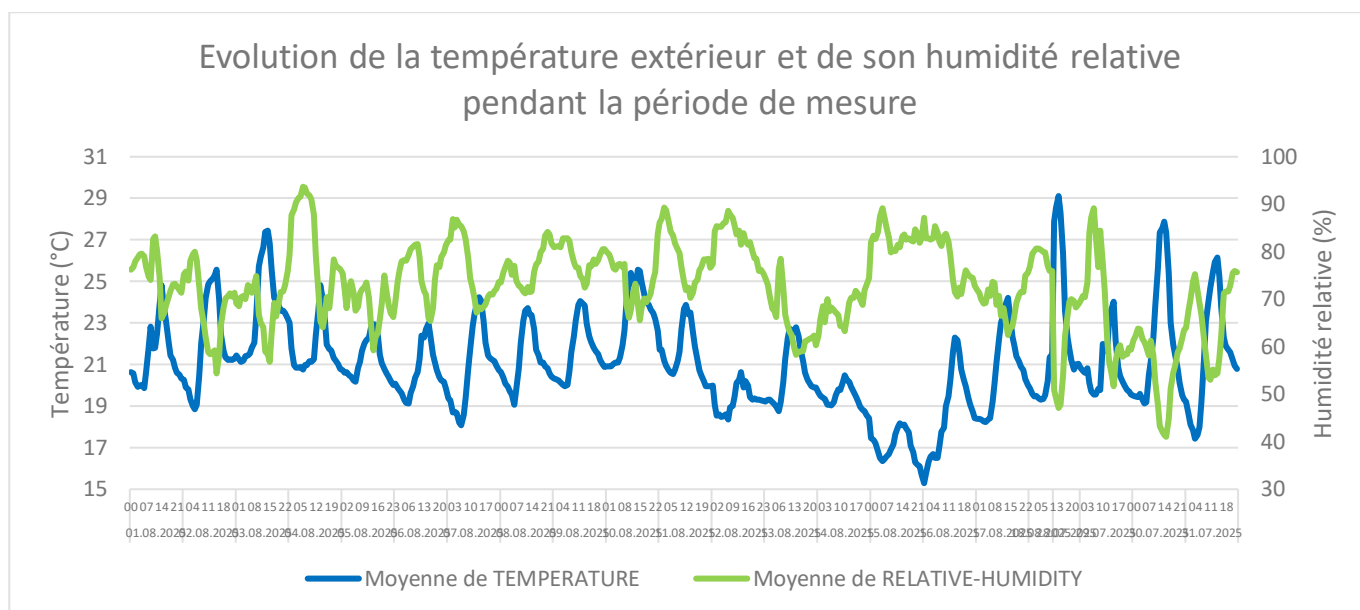


Figure 13 – Evolution de la température extérieure et de son humidité relative pendant la période de mesure

Étant donné que le relevé s'est déroulé au cœur de la saison fraîche, les résultats mettent en évidence une amplitude thermique marquée :

- Température maximale : 29,2 °C le 28/07, avec une hygrométrie relative de 47 %, relevée en milieu d'après-midi (14h) ;
- Température minimale : 15,2 °C le 16/08, avec une hygrométrie relative de 88,3 %, relevée en cours de nuit (00h30) ;
- Valeurs médianes sur la période : 20,8 °C pour la température et 72,3 % pour l'hygrométrie relative.

Ces résultats sont cohérents avec une période de saison fraîche à Nouméa. L'analyse de la variation journalière des mesures montre que la température extérieure augmente progressivement au cours de la matinée, atteint un pic vers 13 h – 14 h, puis diminue et se stabilise autour d'une valeur moyenne durant la nuit.

On observe également que l'hygrométrie relative diminue lorsque la température augmente, ce qui est logique : plus l'air est chaud, plus il peut contenir d'humidité sous forme de vapeur (kg d'eau par kg d'air sec), et inversement, lorsque la température baisse, la capacité de l'air à contenir de l'eau diminue, ce qui entraîne une augmentation de l'humidité relative.

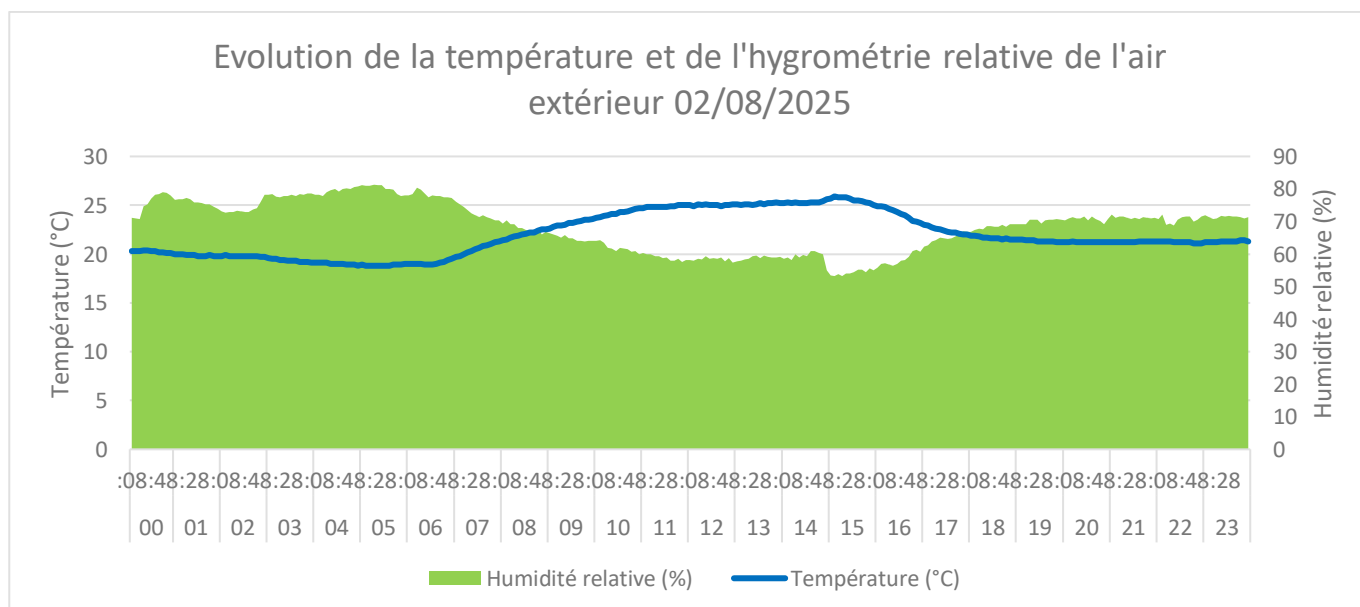




Figure 14 – Evolution de la température et de l'hygrométrie relative de l'air extérieur 02/08/2025

Ces résultats montrent que, même en période fraîche, le site est soumis à des variations journalières importantes, avec un delta supérieur à 5 °C entre maxima et minima influençant directement les échanges thermiques du bâtiment et la régulation des locaux techniques sensibles.

Il convient toutefois de préciser que le capteur, étant placé à l'abri du rayonnement solaire direct, ne mesure que la température de l'air ambiant. Il ne prend pas en compte l'énergie transmise par le rayonnement aux parois du bâtiment, puis réémise par conduction et rayonnement vers l'intérieur, phénomène pourtant déterminant pour l'échauffement des locaux.

Par ailleurs, l'analyse de la couverture nuageuse moyenne à Nouméa (graphique ci-dessus) confirme l'importance de la variabilité atmosphérique :

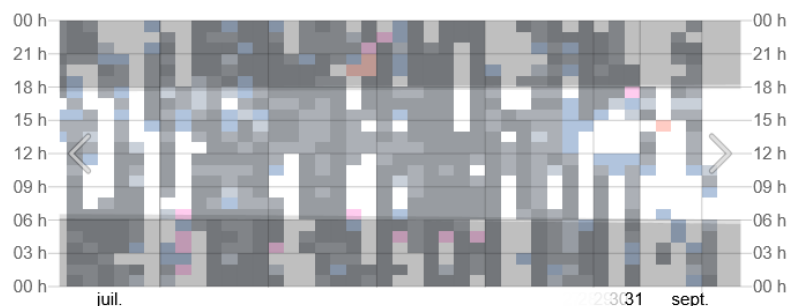


Figure 15 – Couverture nuageuse pendant la période de mesure

La couverture nuageuse varie fortement d'un jour à l'autre, allant de journées totalement couvertes sans ensoleillement direct, à des journées partiellement voilées (50 à 80 %), voire largement dégagées.

Cette alternance entre journées claires et journées très nuageuses explique en partie les écarts observés dans les relevés de température. Lors des journées dégagées, le rayonnement solaire entraîne un échauffement rapide des parois et des combles, tandis que les journées couvertes limitent ces apports et stabilisent davantage la température de l'air. Cette variabilité accentue les contraintes thermiques auxquelles le bâtiment est soumis et souligne la nécessité de protections solaires adaptées pour limiter les surchauffes internes.

### 3.3.2 Capteur sous plenum

Un capteur a été installé dans le plenum, sous la toiture en tôle.



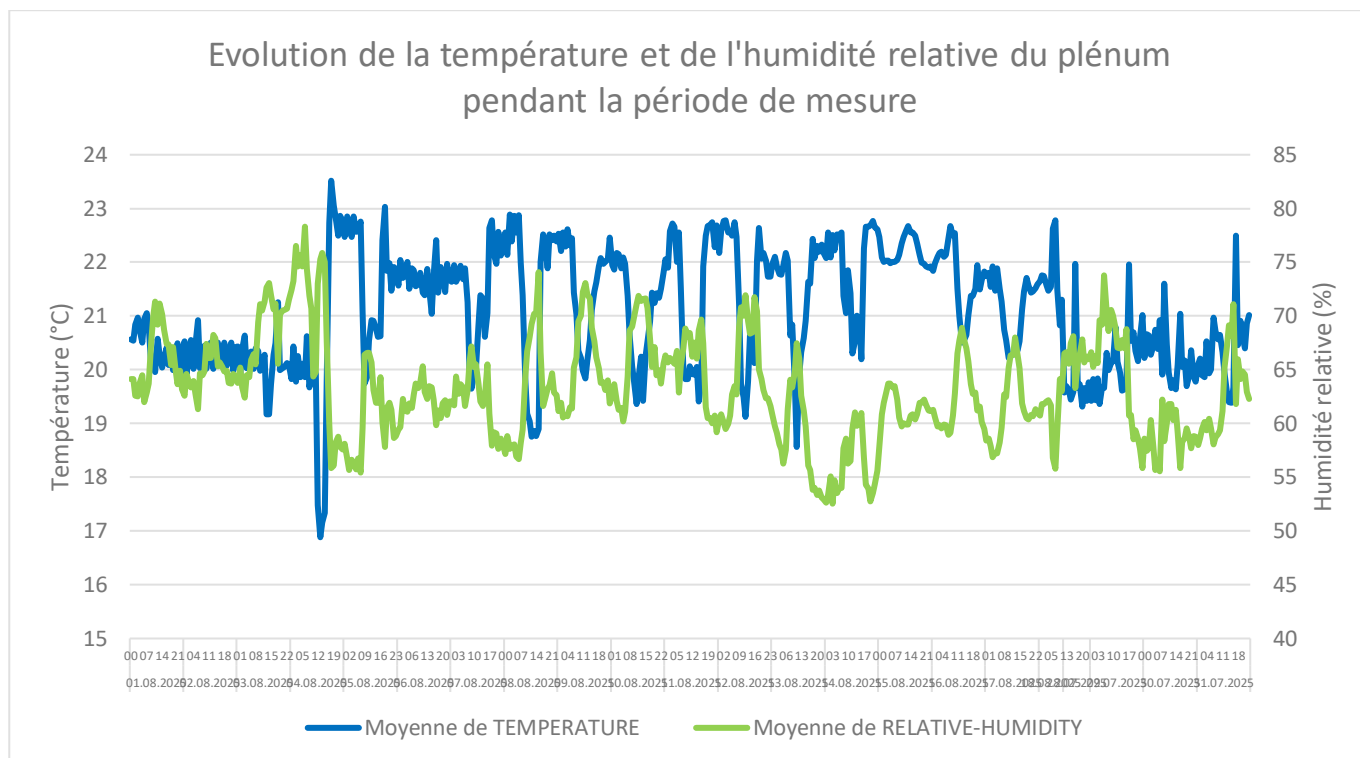


Figure 16 – Evolution de la température du plénum et de son humidité relative pendant la période de mesure

Les relevés indiquent

- Une température maximale de 24,3 °C et une hygrométrie relative de 60,3 % le 12/08/2025 à 8 h,
- Une température minimale de 16,6 °C avec une hygrométrie de 73,3 % le 04/08/2025 à 13 h,
- Une température médiane de 21,1 °C pour une hygrométrie moyenne de 68,9 %.

Pour analyser le comportement thermique du plénum, nous avons retenu la journée la plus chaude enregistrée durant la campagne de mesures, soit le 12 août 2025. Les courbes comparent l'évolution de la température extérieure et celle relevée dans le plénum.

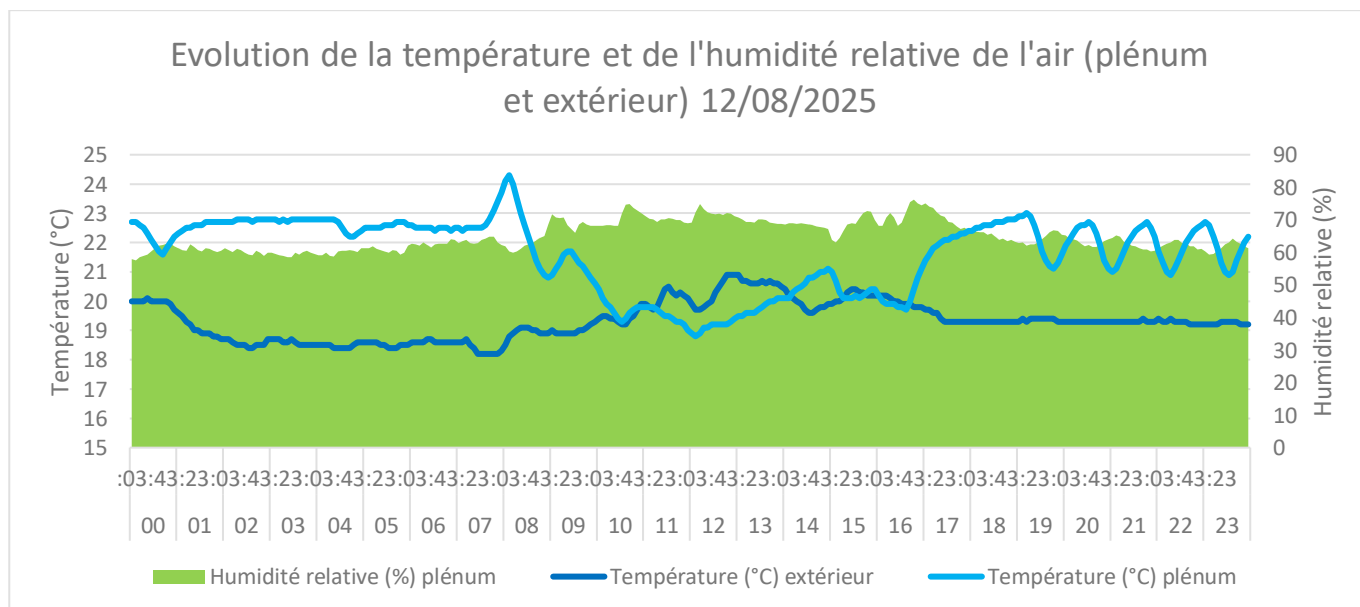


Figure 17 – Evolution de la température et de l'humidité relative de l'air (plénum et extérieur) 12/08/2025

On observe tout d'abord que l'hygrométrie relative dans le plénum diminue lorsque la température augmente, et inversement, ce qui est conforme au principe de la capacité hygrométrique de l'air. Toutefois, la température du

plénum présente de fortes variations et des oscillations périodiques qui ne sont pas directement corrélées à l'évolution de la température extérieure.

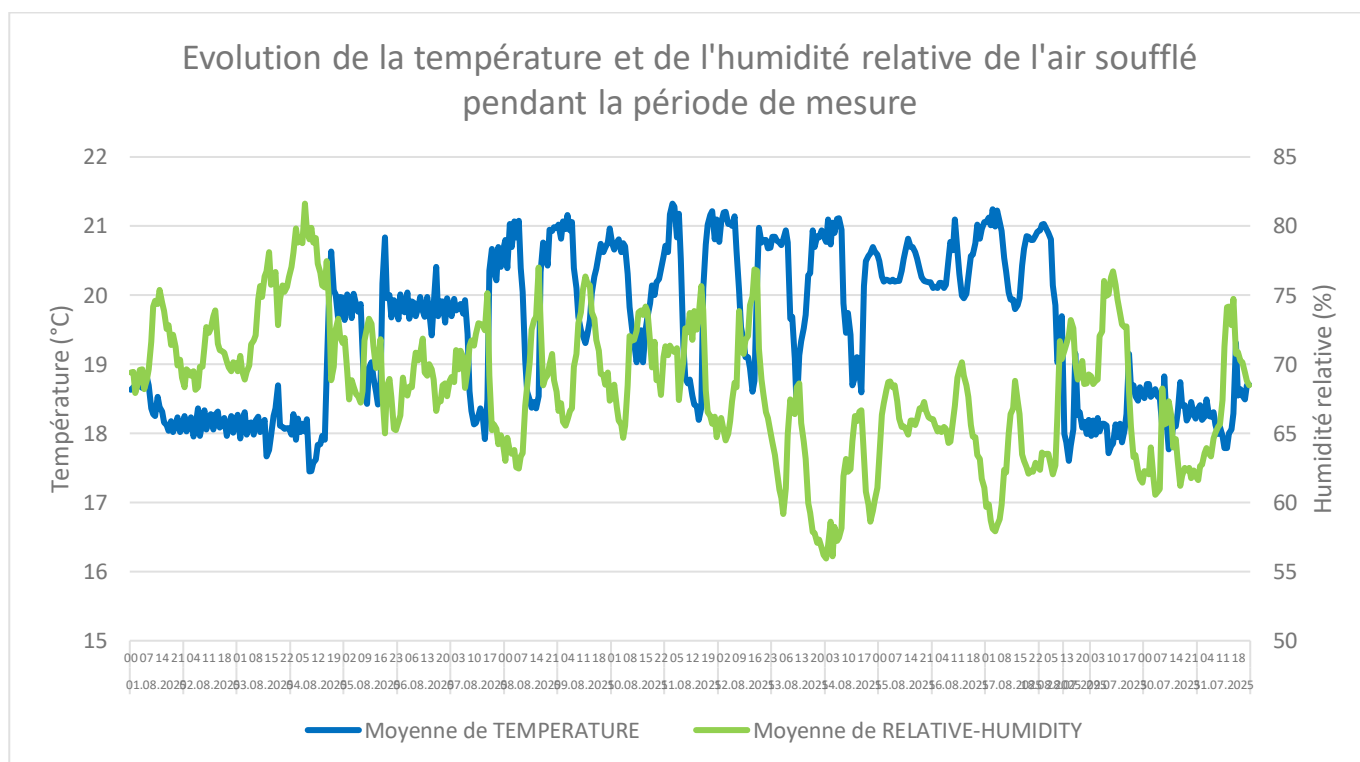
- De minuit à 7 h : les températures restent relativement stables, avec une moyenne extérieure de 18,8 °C et une moyenne de 22,6 °C dans le plénum.
- De 8 h à 17 h : alors que la température extérieure augmente, la température du plénum diminue légèrement, avec une moyenne de 20,3 °C, traduisant un effet de refroidissement lié aux CTA et à la régulation.
- Durant la nuit suivante : la température extérieure se stabilise, tandis que la température du plénum présente des oscillations horaires de 2 à 3 °C.

Ces variations s'expliquent probablement par les cycles de fonctionnement des CTA et par la perméabilité du plénum : malgré l'isolation en faux plafond, les fuites d'air entraînent un refroidissement en journée et un réchauffement nocturne. À cela s'ajoutent les apports internes liés aux équipements de télécommunications, qui dissipent de la chaleur et contribuent à élever la température du plénum durant les périodes de faible renouvellement d'air. Par ailleurs, la configuration des réseaux accentue ces phénomènes : Pour les CTA installées en toiture, le réseau de reprise transite par le plénum, tandis que pour la CTA du sous-sol, le réseau de reprise passe directement depuis l'extérieur.

### 3.3.3 Capteur Soufflage CTA

Un capteur a été installé à environ 2 à 3 mètres d'une bouche de soufflage de la CTA, afin de suivre l'évolution de la température et de l'hygrométrie de l'air pulsé dans la salle de télécommunication. Cette mesure constitue un indicateur essentiel pour évaluer la capacité de la CTA à compenser les charges sensibles et latentes générées par les équipements.

Le graphique ci-dessous illustre cette évolution et met en évidence plusieurs points remarquables :



**Figure 18 – Evolution de la température de l'air soufflé et de son humidité relative pendant la période de mesure**

Les relevés effectués en sortie de soufflage de la CTA montrent une évolution étroitement corrélée à celle du plénum. Les courbes présentent une dynamique similaire, confirmant que la régulation de la CTA s'ajuste en fonction des conditions du plénum et des apports thermiques internes. En moyenne, la température de soufflage s'est située entre 17,1 °C et 21,8 °C, avec une valeur médiane de 19,6 °C. Cette valeur reste cohérente compte tenu du taux de brassage très élevé dans la salle de télécommunications ( $\approx 85$  volumes/heure), qui réduit l'efficacité des batteries froides. On observe ainsi un écart de 3 à 5 °C par rapport à la température de consigne fixée à 21 °C.

- Température maximale (21,8 °C, 68,3 % HR le 12/08 à 8 h) : ce pic coïncide avec la température la plus élevée dans le plénum. La CTA a eu du mal à abaisser la température de soufflage. Les fuites d'air entre plénum et local accentuent encore cette contrainte.
- Température minimale (17,1 °C, 78,3 % HR le 04/08) : observée lors d'une période où le plénum était plus frais, alors que les conditions extérieures étaient plus chaudes. La CTA a pu délivrer un air significativement refroidi pour compenser les apports internes.
- Température médiane (19,6 °C, 80 % HR) : représentative du fonctionnement moyen en sortie de batterie froide. Dans ce régime, l'air est principalement déshumidifié sans réchauffage additionnel, la chaleur émise par les équipements de télécommunications jouant le rôle d'une batterie chaude.

Ces résultats confirment que la CTA module sa puissance par variation du débit d'eau glacée alimentant la batterie froide. Le servomoteur ajuste le passage d'eau en fonction des mesures des sondes de température et d'hygrométrie, ce qui explique les variations observées dans les courbes de soufflage.

L'étude de la journée la plus chaude enregistrée (12/08/2025) illustre particulièrement bien la logique de régulation de la CTA.

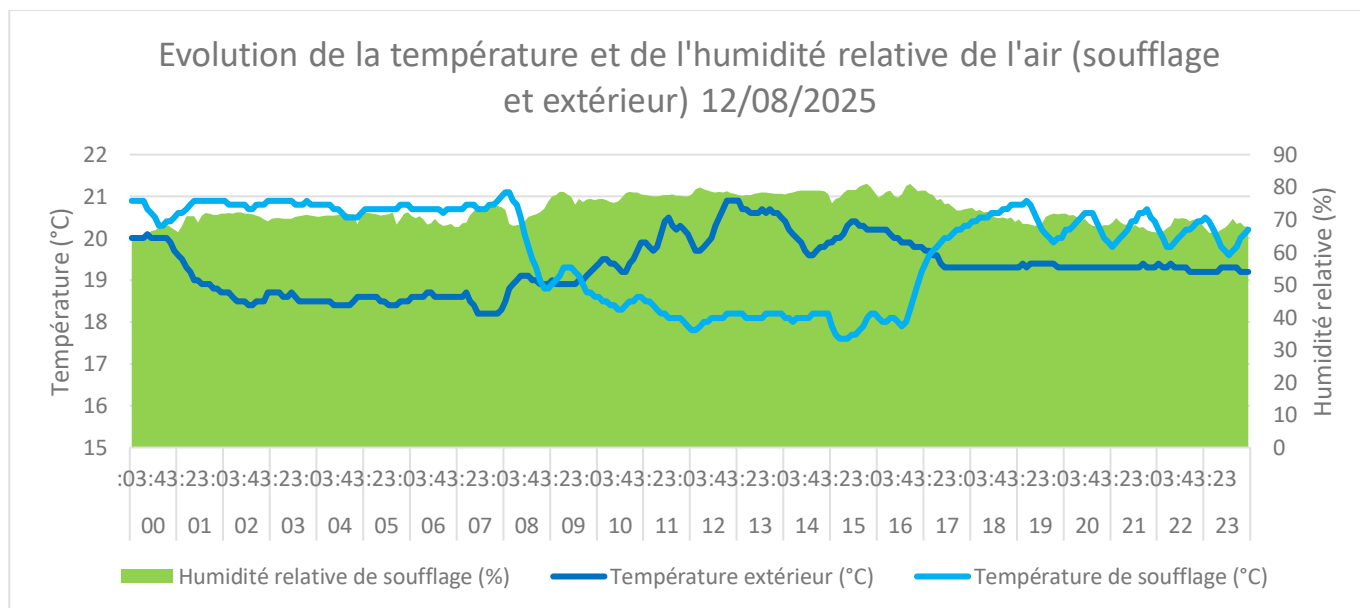


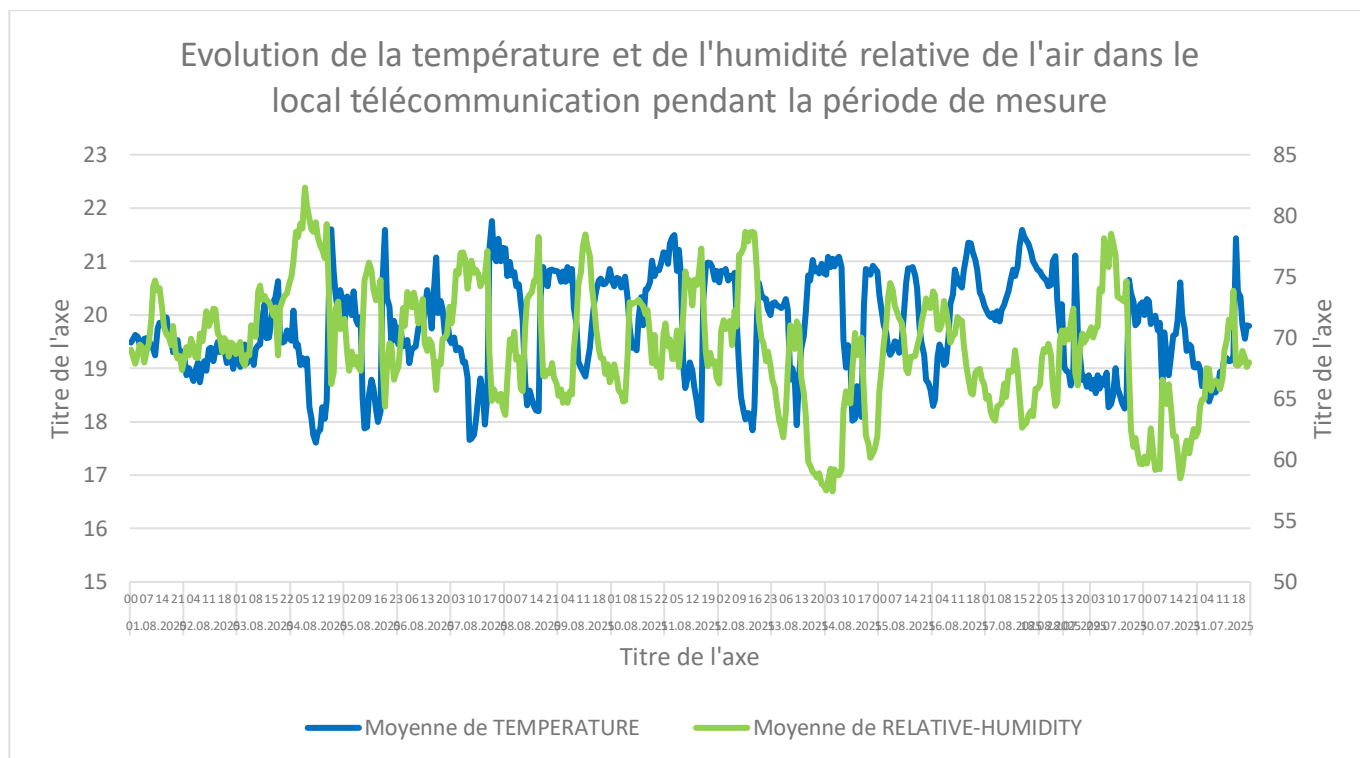
Figure 19 – Evolution de la température et de l'humidité relative de l'air (soufflé et extérieur) 12/08/2025

- De minuit à 7 h : les températures sont stables, avec une moyenne extérieure de 18,8 °C et un plénum à 22,6 °C. La CTA maintient un soufflage autour de 18–19 °C, traduisant un fonctionnement équilibré.
- De 8 h à 17 h : alors que la température extérieure augmente, celle du plénum diminue légèrement (moyenne de 20,3 °C) sous l'effet des CTA. Le soufflage reste proche de son minimum ( $\approx 17,5$  °C), traduisant une modulation efficace du débit d'eau glacée afin de contrer les apports solaires.
- De 17 h à minuit : on observe des fluctuations quasi horaires de 2 à 3 °C. Ces oscillations peuvent s'expliquer par le fonctionnement cyclique des équipements de télécommunications, qui dégagent de la chaleur de manière variable selon leur niveau d'utilisation. La CTA ajuste alors son débit d'eau glacée en conséquence, ce qui provoque une variation parallèle de la température de soufflage.

Ainsi, la régulation apparaît fonctionnelle et réactive, mais son efficacité est fortement conditionnée par les défauts d'isolation et d'étanchéité du plénum, qui génèrent des variations thermiques parasites et augmentent la charge de refroidissement nécessaire.

### 3.3.4 Capteur Local télécommunication

Un capteur a été installé dans la circulation du local de télécommunications afin de suivre les conditions d'air ambiant et de comparer ces valeurs à celles mesurées au soufflage de la CTA. Le graphique ci-dessous illustre l'évolution de la température et de l'hygrométrie sur la période de mesure.



**Figure 20 – Evolution de la température de l'air dans le local et de son humidité relative pendant la période de mesure**

- Température maximale : 22,0 °C avec 62,8 % HR (17/08 à 16 h 30). À titre de comparaison, la température de soufflage enregistrée ce jour-là était de 20,9 °C pour 63,1 % HR. L'écart observé ( $\approx +1$  °C) traduit la montée en température due aux apports internes des équipements de télécommunications et aux échanges thermiques avec le plénum. Cette situation correspond à un dépassement ponctuel de la consigne (21 °C / 65 % HR).
- Température minimale : 17,3 °C avec 68,9 % HR (14/08 à 13 h 15). Dans les mêmes conditions, la température de soufflage était de 18,2 °C pour 65,2 % HR. L'écart inverse (air ambiant plus frais que l'air soufflé) s'explique par une baisse de la température dans le plénum et à l'extérieur, réduisant les apports thermiques globaux. Bien que l'humidité relative paraisse élevée, l'humidité spécifique demeure inférieure à celle correspondant à la consigne, ce qui garantit le respect du confort hygrothermique.

Dans l'ensemble, les écarts entre l'air soufflé et l'air ambiant dans la salle de télécommunications restent limités ( $\pm 1$  °C), traduisant une régulation globalement efficace pour la période fraîche. Les variations constatées soulignent néanmoins l'influence déterminante :

- Des apports internes des équipements,
- Des échanges parasites avec le plénum, liés aux défauts d'étanchéité et d'isolation de l'enveloppe.

## 4. INSTALLATION TECHNIQUE

Afin de maintenir des conditions d'ambiance satisfaisantes dans le local de télécommunications, de nombreux équipements ont été ajoutés et asservis au fil des années pour répondre à l'évolution des besoins. Cependant, ces interventions successives, réalisées sans approche globale cohérente, ont progressivement dégradé l'étanchéité de l'enveloppe, multipliant les percements et réduisant l'efficacité globale du confinement.

L'objectif de cette section est d'établir un état des lieux précis en confrontant les données disponibles (plans, schémas synoptiques, descriptifs techniques) à l'observation réelle sur site, afin d'identifier les écarts entre la conception initiale et le fonctionnement effectif des installations.

Dans les différents locaux de télécommunication, les données fournies indiquent un débit d'air soufflé total de 26 875 m<sup>3</sup>/h pour un débit d'air repris de 24 440 m<sup>3</sup>/h, soit une surpression d'environ 9 %. Rapporté au volume total des locaux de télécommunication (318,2 m<sup>3</sup>), cela correspond à un taux de renouvellement de 85 vol/h. Un tel niveau est particulièrement élevé pour ce type de locaux : à titre de comparaison, les salles de télécommunication se situent généralement autour de 20 vol/h, tandis que des valeurs comprises entre 85 et 100 vol/h sont caractéristiques des salles blanches.

L'impact de ce renouvellement d'air excessif est double :

- La batterie froide doit abaisser l'air à un point de rosée plus bas (ADP), entraînant un besoin accru en puissance frigorifique latente ;
- En cas de sous-dimensionnement de l'installation, il devient impossible de maintenir l'humidité relative à un niveau satisfaisant, ce qui conduit à une augmentation de l'hygrométrie dans le local et à une dégradation des conditions d'ambiance.

Un schéma de principe du réseau d'eau glacée et des installations de ventilation est présenté en annexe.

### 4.1 Centrale d'eau glacée

Pour l'alimentation des différentes CTA, grilles de soufflage et terminaux du site, la station dispose de deux groupes d'eau glacée de marque AQUACIAT POWER LED HE800 C, chacun offrant une puissance frigorifique nominale de 215 kWf. Ces équipements sont configurés pour fonctionner en redondance : un seul groupe est utilisé en régime normal, tandis que le second est destiné à assurer la continuité de service en cas de maintenance ou de défaillance.



Figure 21 – Photo groupe d'eau glacée et réseau

Les principales caractéristiques techniques sont les suivantes :

- Puissance unitaire : 215 kWf,
- EER (Energy Efficiency Ratio) : 2,92,
- Régime d'eau glacée : 12 °C en entrée / 7 °C en sortie, distribué vers les terminaux du site.

Lors de la visite, il a été constaté qu'un seul groupe est actuellement en fonctionnement, le second étant à l'arrêt pour cause de panne. Par ailleurs, l'inspection des réseaux hydrauliques a révélé un état de dégradation avancée du calorifugeage des tuyauteries et des organes de distribution. Les parties plastiques présentent des altérations



dues à une exposition prolongée au rayonnement solaire, tandis que les éléments métalliques sont affectés par la corrosion liée à l'air marin.

Ces désordres réduisent l'efficacité énergétique du réseau d'eau glacée en augmentant les pertes thermiques et fragilisent la fiabilité de l'installation sur le long terme.

## 4.2 Traitement de l'air

### 4.2.1 CTA AN1

La première centrale de traitement d'air (CTA AN1) est implantée au sous-sol (R-1). Elle assure un débit total de 5 100 m<sup>3</sup>/h, dont 4 800 m<sup>3</sup>/h d'air repris et 300 m<sup>3</sup>/h d'air neuf.

D'après la fiche technique, la température de sortie après batterie froide est de 14,7 °C à 100 % d'humidité relative (air saturé en sortie de batterie). L'unité est équipée d'une batterie froide de 140 kW alimentée par le réseau d'eau glacée. L'air traité est diffusé vers le RDC dans le local 010 via une grille principale, et la reprise s'effectue par quatre bouches murales. Par ailleurs, un air saturé en sortie de batterie impose un calorifugeage irréprochable des gaines et organes en aval pour éviter les condensations.



Figure 22 – Photo CTA AN1

L'analyse thermographique réalisée au niveau de la grille de soufflage au sol indique une température de 14,9 °C.

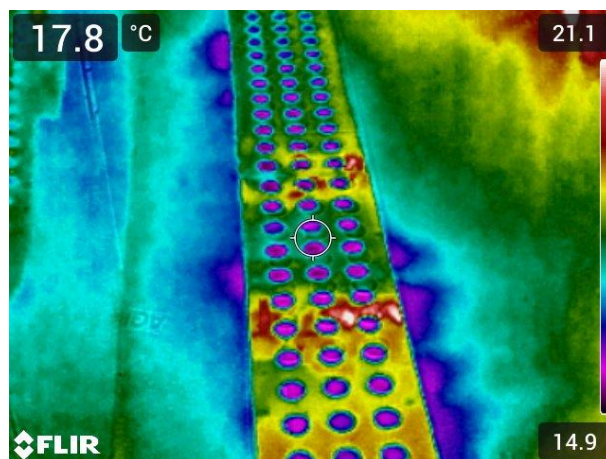


Figure 23 – Thermographie grille de soufflage CTA AN1

Cette valeur est très proche de la consigne en sortie de batterie froide fixée à 14,7 °C à 100 % d'humidité, ce qui démontre qu'à cette période la CTA parvient à délivrer la performance attendue et à assurer les conditions de soufflage conformes à ses caractéristiques de conception.

#### 4.2.2 CTA 1.1 / 1.2

Deux centrales de traitement d'air sont installées en toiture du site. Chacune assure un débit de soufflage de 11 000 m<sup>3</sup>/h, réparti en moyenne entre 9 000 m<sup>3</sup>/h d'air repris et 2 000 m<sup>3</sup>/h d'air neuf. Elles sont équipées d'une batterie froide de 100 kWf alimentée par le réseau d'eau glacée. La température de sortie après batterie froide est de 14,4 °C à 100 % d'humidité relative (air saturé en sortie de batterie).

Selon les plans fournis, la répartition des débits d'air neuf et de soufflage est la suivante :

- Bureaux : 30 m<sup>3</sup>/h d'air neuf,
- Réfectoire : 120 m<sup>3</sup>/h d'air neuf,
- Atelier : 75 m<sup>3</sup>/h d'air neuf,
- Local 011 : 60 m<sup>3</sup>/h d'air neuf via une bouche dédiée,
- Diffusion principale : 13 grilles totalisant 1 350 m<sup>3</sup>/h (dans la circulation principale) chacune et deux diffuseurs, un de 500 m<sup>3</sup>/h pour le local 005 et 300 m<sup>3</sup>/h pour le local 003.



Figure 24 – Photo CTA 1.1 / 1.2

De la même manière, les relevés thermographiques effectués sur deux bouches de soufflage situées dans des locaux distincts du bâtiment de télécommunications indiquent des températures comprises entre 14 et 15 °C. Ces valeurs sont cohérentes avec la température attendue en sortie de batterie froide, confirmant le bon fonctionnement du circuit de refroidissement à cet instant de mesure.

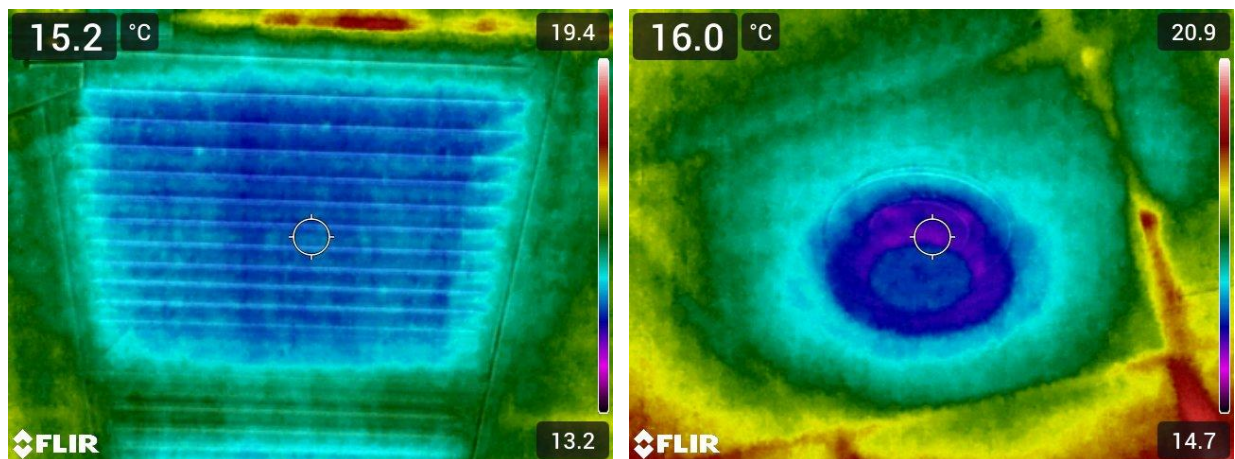


Figure 25 – Thermographie grille de soufflage CTA 1.1 / 1.2

#### 4.2.3 Armoires de précisions

Sur le site, deux armoires de précision (AP01 et AP02) de type EXPAIR CW 016 – 15 kW – CIAT, équipées du système de régulation CIATRONIC, sont installées dans le local de télécommunications (dans le local 004 et 010),

à proximité des équipements sensibles. Leur puissance frigorifique unitaire est de 14,6 kWf, avec une alimentation par le réseau d'eau glacée du site.

Ces armoires ont pour rôle de :

- Maintenir une température stable dans la salle afin d'éviter la surchauffe des équipements télécom,
- Réguler l'hygrométrie pour prévenir à la fois les risques de condensation et ceux liés à l'électricité statique,
- Assurer une climatisation de précision adaptée aux variations rapides de charge thermique produites par les appareils électroniques.

Leur fonctionnement est basé sur le passage de l'air intérieur au travers d'une batterie froide alimentée en eau glacée :

- L'air chaud du local est repris par l'armoire,
- Il traverse la batterie froide, où il est refroidi jusqu'à sa température de rosée, ce qui provoque la condensation de la vapeur d'eau et donc la déshumidification,
- L'air traité est à nouveau soufflé dans la salle, assurant ainsi un cycle continu.

#### **4.2.4 UTA 295/04 H**

Le modèle UTA Compact installé pour le local de télécommunication 011 est dimensionné pour un débit d'air de 1 400 m<sup>3</sup>/h en entrée et 1 400 m<sup>3</sup>/h en sortie.

- Entrée d'air : réalisée par une grille unique permettant la reprise de l'air intérieur.
- Soufflage : assuré par deux grilles distinctes, garantissant une diffusion homogène et une répartition efficace de l'air dans le local.

L'unité est équipée d'une batterie froide d'une puissance frigorifique de 11,4 kWf, alimentée par le réseau d'eau glacée du site.

#### **4.2.5 Cassette horizontale major**

Le local de télécommunication 002 est équipé d'une cassette horizontale CIAT Major 132 SP CH, installée en faux plafond. Cette unité de traitement d'air est conçue pour assurer un refroidissement localisé et maintenir des conditions d'ambiance stables autour des équipements sensibles.

La cassette a une puissance frigorifique nominale de 4,4 kWf, alimentée par le réseau d'eau glacée du site. L'air est repris directement dans le local, filtré et refroidi au travers de la batterie froide.

#### **4.2.6 Autres systèmes**

En complément des centrales de traitement d'air principales, plusieurs équipements de climatisation assurent le maintien des conditions ambiantes dans différents locaux :

- Cassettes Coadis 235/33 – CIAT : puissance frigorifique de 1,2 kWf chacune.
  - 1 unité installée dans le bureau,
  - 3 unités installées dans l'atelier.
- Cassette Melody 123 – CIAT : puissance frigorifique comprise entre 6 et 8 kWf, installée dans la cafétéria pour assurer le confort des occupants.
- Armoire de climatisation EXPAIR EG 8000 – CIAT : puissance frigorifique de 36,2 kWf, avec un débit de soufflage de 8 000 m<sup>3</sup>/h. Cette unité est dédiée au local électrique, garantissant une température maîtrisée pour la protection des équipements.

#### **4.2.7 Extraction Air**

En complément des bouches de reprise intégrées aux CTA et systèmes de climatisation, des dispositifs d'extraction d'air sont présents dans certains locaux techniques.

- Local 004 : une grille d'extraction en sous-plafond assure un débit d'évacuation de 640 m<sup>3</sup>/h.
- Local 010 : une grille d'extraction en sous-plafond permet un débit de 1 000 m<sup>3</sup>/h.



Ces extractions contribuent à évacuer l'air chaud et à limiter l'accumulation d'humidité dans les locaux de télécommunications, mais elles participent également à réduire l'étanchéité globale de l'enveloppe, en créant des déséquilibres de pression si elles ne sont pas compensées par un apport d'air neuf contrôlé.

#### 4.2.8 Régulation

Les trois centrales de traitement d'air (CTA) du site sont équipées, en conception, d'un système de régulation combinant :

- La modulation du débit d'eau glacée alimentant les batteries froides, assurée par des servomoteurs pilotant les vannes afin d'adapter la puissance de refroidissement ;
- Le réglage des registres d'air, destiné à contrôler la proportion d'air neuf introduite par rapport à l'air repris.

En pratique, l'efficacité de ces dispositifs apparaît toutefois discutable. Les registres d'air neuf présentent un état de corrosion avancé, ce qui laisse douter de leur capacité à assurer une régulation correcte des débits. Concernant les servomoteurs de commande des vannes d'eau glacée, leur fonctionnement réel n'a pas pu être vérifié avec certitude, rendant incertaine la modulation effective de la puissance frigorifique des batteries.



Figure 26 – Photo système de régulation

## 5. DIAGNOSTIC

### 5.1 Diagnostic de l'enveloppe

L'objectif de ce diagnostic est de mettre en évidence les défauts de l'enveloppe impactant directement le conditionnement d'air du local de télécommunications et la stabilité de ses paramètres (température et hygrométrie).

#### **Points positifs**

À l'origine, le bâtiment a été conçu avec plusieurs dispositions visant à limiter les pertes thermiques :

- Toiture isolée
- Plénum avec faux plafond isolé
- Enveloppe des murs extérieurs de teinte claire limitant l'absorption solaire
- Coursive équipée de persiennes formant une double peau sur la façade nord
- Débord horizontal de toiture sur toute la longueur du bâtiment
- Menuiseries coulissantes principalement en façade sud
- Aménagement extérieur enherbé offrant un albédo favorable

#### **Défauts constatés**

La visite a toutefois mis en évidence de nombreux désordres :

- Fissurations et percements non rebouchés
- Menuiseries (vieillissantes) donnant sur l'extérieur, en particulier les fenêtres coulissantes, présentant des cadres et bâtis dégradés
- Ouvrants intérieurs communiquant avec le local de télécommunications également en mauvais état.

Ces dégradations augmentent la perméabilité de l'enveloppe. Or, dans un bâtiment en surpression ( $\approx 15\%$ ), chaque fuite contribue à réduire cette surpression et favorise l'infiltration d'air chaud et humide, ce qui dégrade fortement le conditionnement d'air. Par ailleurs, cette porosité accentue la migration de vapeur d'eau depuis l'extérieur vers l'intérieur.

#### **Observations complémentaires (thermographie)**

L'inspection thermographique a mis en évidence d'autres faiblesses :

- La paroi verticale de la toiture en tôle n'est pas isolée
- Les murs extérieurs ne disposent d'aucune isolation
- Le plancher bas n'est pas isolé.

### 5.2 Diagnostic Installation technique

#### **Évaluation de l'hygrométrie réelle dans la salle**

À partir des documents et fiches techniques disponibles, nous avons évalué la capacité de la CTA AN1 et des deux CTA 1.1 / 1.2 à réguler la température et l'humidité relative de la salle, dans leur état actuel de fonctionnement.

L'objectif était de vérifier si la consigne de  $21\text{ °C} / 65\% \text{ HR}$  pouvait être tenue.

Les données exploitées concernaient :

- Les débits d'air soufflé, repris et d'air neuf
- La température et l'humidité relative de l'air repris ( $28\text{ °C} / 48\% \text{ HR}$ )
- Les températures de l'air en sortie de batterie froide ( $14,7\text{ °C} - 100\% \text{ HR}$  pour la CTA AN1,  $14,4\text{ °C} - 100\% \text{ HR}$  pour les CTA 1.1 et 1.2)

Dans l'état actuel, nous considérons que :

- Les registres ne modulent plus en fonction des conditions extérieures (température et hygrométrie)
- L'efficacité des batteries froides correspond à celle retenue lors du dimensionnement initial

Ces hypothèses ont permis d'estimer :

- Le débit de condensats formé au niveau des batteries froides



- Le débit latent de la salle

La logique retenue est la suivante : lorsque le débit de condensats généré par la batterie froide est supérieur ou égal au débit latent du local, la régulation de l'hygrométrie est assurée en même temps que celle de la température ; dans le cas contraire, seule la température peut être atteinte, au détriment de l'humidité relative.

Pour l'évaluation, plusieurs conditions extérieures ont été considérées :

- Saison chaude : 31 °C / 70 % HR
- Cas humide : 28 °C / 80 % HR
- Saison fraîche : 24 °C / 70 % HR

### **Résultats**

CTA AN1 : la consigne de 21 °C est respectée, mais l'humidité relative reste supérieure aux 65 % attendus :

- 76,2 % (été)
- 76,2 % (cas humide)
- 73,3 % (saison fraîche)

CTA 1.1 et 1.2 : même constat, avec des valeurs encore plus élevées :

- 82,5 % (été)
- 81,9 % (cas humide)
- 74,9 % (saison fraîche)

Ces résultats apparaissent cohérents : les CTA présentant un apport d'air neuf plus élevé sont confrontées à une charge hygrométrique accrue, directement liée à l'humidité de l'air introduit. Cela implique une sollicitation plus importante de la puissance de déshumidification. Dans l'état actuel, les batteries froides disposent d'une puissance suffisante pour traiter les charges sensibles et maintenir la température de consigne.

### **Détermination de la puissance des batteries froides**

Dans cette section, l'analyse vise à quantifier la puissance frigorifique requise des batteries froides pour assurer le simple abaissement de la température de l'air en entrée, en fonction du débit d'air traversant la CTA. Le calcul est réalisé sur le diagramme psychrométrique, en se basant uniquement sur les conditions d'air en entrée et en sortie de batterie. Cette approche permet de déterminer la répartition entre puissance sensible et puissance latente délivrée par la batterie, indépendamment des charges internes du local (apports sensibles et hygrométriques liés aux occupants, équipements ou infiltrations).

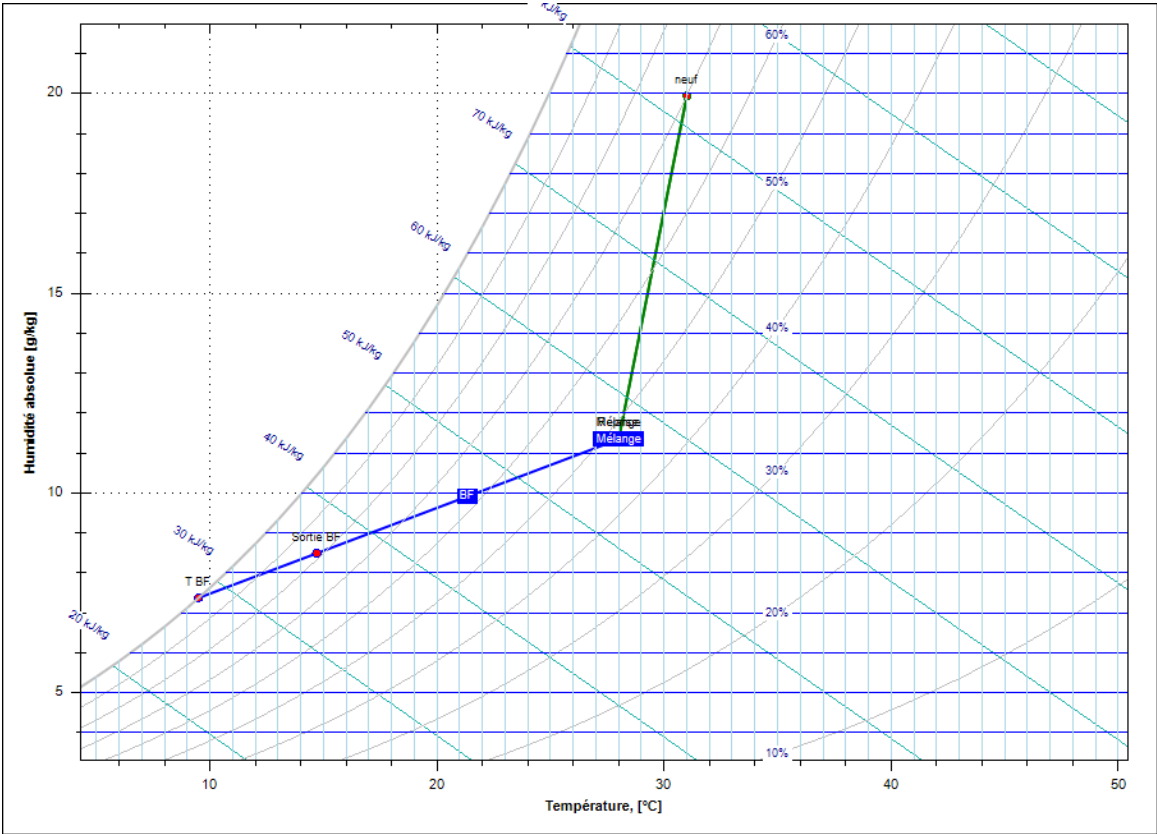


Figure 27 – Diagramme de l'air humide CTA AN1

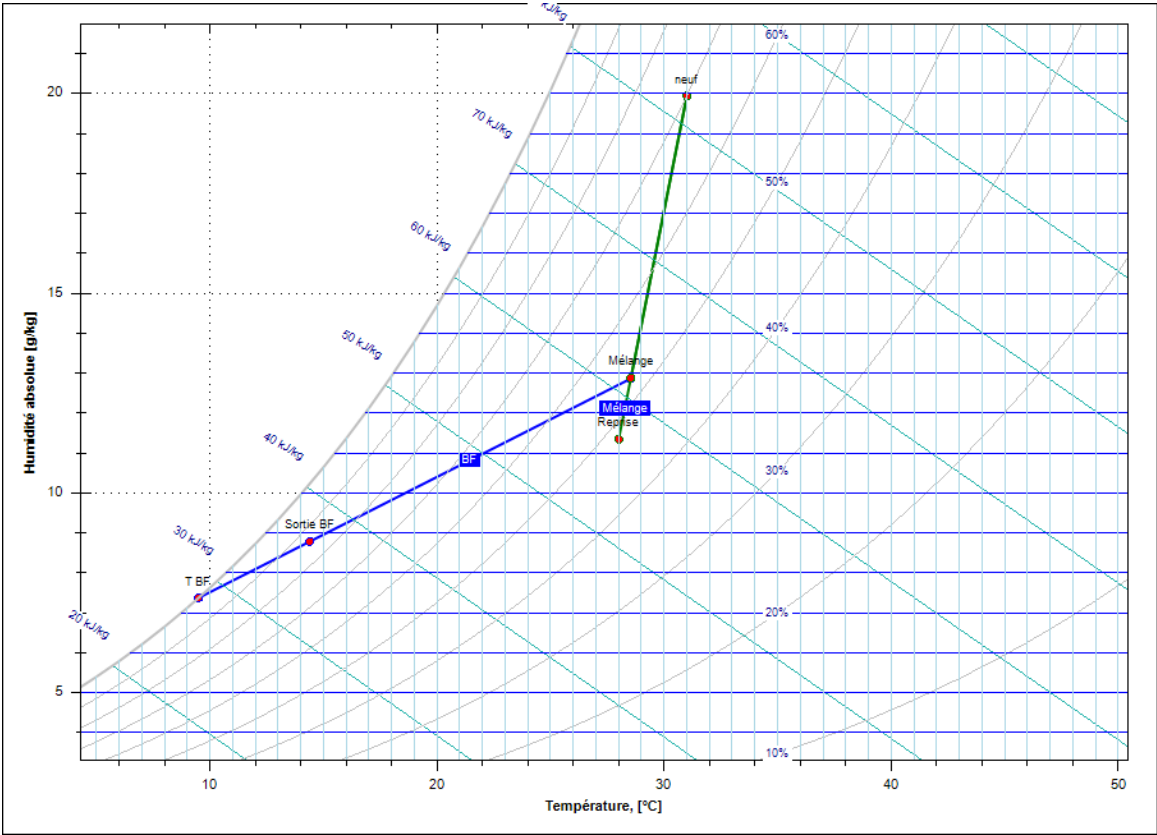


Figure 28 – Diagramme de l'air humide CTA 1.1 / 1.2

Les résultats obtenus sont les suivants :

- CTA AN1 : puissance sensible = 23 kW, puissance totale = 34 kW, soit 9 kW de puissance latente.
- CTA 1.1 / 1.2 : puissance sensible = 53 kW, puissance totale = 87 kW, soit 34 kW de puissance latente.

Ces puissances traduisent la capacité des batteries froides à refroidir l'air en entrée, en atteignant la température de soufflage prévue. Ainsi, la régulation de la température est correctement assurée. En revanche, comme la charge sensible et latente réelle du local n'est pas prise en compte dans ce calcul, la puissance de déshumidification disponible se révèle insuffisante pour compenser les apports hygrométriques (process, infiltrations, air neuf). C'est ce déficit qui explique que l'hygrométrie de la salle reste au-dessus de la consigne, malgré des températures respectées.

### **Conclusion**

Les CTA assurent correctement la régulation thermique (charges sensibles) mais ne parviennent pas à maîtriser la régulation hygrométrique (charges latentes). Pour améliorer le contrôle de l'humidité, il serait nécessaire d'abaisser la température de sortie des batteries froides afin d'augmenter la capacité de déshumidification de l'air traité.

Par ailleurs, l'analyse des documents techniques montre que les deux groupes d'eau glacée installés délivrent au maximum 215 kWf, alors que l'ensemble des CTA requièrent 340 kWf si elles fonctionnent simultanément à pleine puissance, sans même tenir compte des autres équipements raccordés au réseau. Cette limitation de puissance accentue les difficultés de régulation : lors des pics de fonctionnement des équipements internes et des températures extérieures élevées, les CTA ne parviennent pas à maintenir ni la consigne d'hygrométrie ni celle de température.

## 6. RECOMMANDATIONS

Plusieurs actions peuvent être mises en œuvre, à court comme à moyen terme, pour optimiser le fonctionnement des CTA et garantir le respect des conditions de consigne (21 °C / 65 % HR).

Il est recommandé d'exploiter la supervision pour enregistrer en continu :

- Les températures d'eau glacée en entrée et en sortie des batteries froides
- Les températures et humidités relatives de l'air en amont et en aval de chaque batterie

L'analyse de ces données sur une période annuelle permettrait :

- Identifier les phases où les CTA se trouvent sous-dimensionnées
- Distinguer la part des apports thermiques liés aux équipements internes de celle due à l'enveloppe du bâtiment

Actuellement, l'un des deux groupes d'eau glacée est hors service, ce qui limite la puissance frigorifique disponible à environ 215 kWf, alors que les CTA peuvent nécessiter jusqu'à 340 kWf en fonctionnement simultané (hors autres usages). Il est donc indispensable de remettre en service les deux groupes et de les exploiter conjointement. À défaut, la puissance disponible restera insuffisante pour couvrir les besoins lors des pics de charge, ce qui empêchera le maintien de la consigne de température et accentuera les dérives en hygrométrie relative.

Le taux de brassage actuel correspond à environ 80 volumes/heure, ce qui est très élevé. Un tel taux de renouvellement dégrade l'efficacité des batteries froides :

### Temps de contact insuffisant entre air et échangeur

Plus le débit d'air est élevé, plus la vitesse de passage à travers les ailettes augmente. Or, l'échange thermique repose sur un transfert convectif et une diffusion de chaleur et de vapeur d'eau vers la surface de la batterie. Si le temps de résidence est trop court, l'air n'a pas le temps de se refroidir jusqu'à la température de surface de la batterie, ce qui réduit l'efficacité du refroidissement.

### Incertaines sur la température réelle de soufflage

À des vitesses élevées, on observe des phénomènes de stratification et de mélanges turbulents qui peuvent entraîner des écarts importants entre la température mesurée et la température effective dans le flux. Cela complique la régulation car la sonde de soufflage n'est plus représentative de la masse d'air distribuée.

### Réduction de la capacité de déshumidification

Le séchage de l'air repose sur la condensation de la vapeur d'eau à la surface de la batterie froide. Lorsque la vitesse est trop importante, l'air reste au-dessus de la température de rosée pendant une partie de son trajet, et le film de condensation n'a pas le temps de se former ou d'évacuer suffisamment d'humidité. Résultat : la charge sensible est partiellement traitée, mais la charge latente reste insuffisamment absorbée.

Une optimisation des débits est donc nécessaire, en privilégiant un débit hygiénique minimum, suffisant pour l'apport d'air neuf et la dilution des polluants, tout en réduisant le surdimensionnement actuel.

Une autre solution, à moyen terme, consisterait à remplacer le système actuel de déshumidification. En effet, les batteries froides montrent leurs limites pour le traitement de la charge latente : elles ne peuvent réduire l'humidité que si l'air est refroidi en dessous de sa température de rosée, ce qui implique d'abaisser fortement la température de soufflage au détriment de l'efficacité énergétique.

Pour pallier cette contrainte, il serait pertinent d'envisager l'installation d'une CTA équipée d'une roue dessiccante à tamis moléculaire. Ce type de technologie permet une régulation beaucoup plus performante de l'humidité spécifique, indépendamment du refroidissement sensible.

Principe de fonctionnement :

- L'air humide traverse une roue dessiccante recouverte de tamis moléculaire (silice ou zéolite)
- La surface absorbante capte la vapeur d'eau présente dans l'air, réduisant directement son humidité spécifique
- En parallèle, une zone de régénération chauffe une partie du flux d'air ou un flux secondaire pour libérer l'humidité captée par le tamis et régénérer la roue
- L'air traité peut ensuite être refroidi, mais sa teneur en eau est déjà réduite, garantissant une meilleure maîtrise de l'hygrométrie

Avantages principaux :

- Déshumidification indépendante de la température de soufflage
- Réduction des risques de dépassement de la consigne en humidité relative
- Adaptabilité aux périodes de forte charge latente, où les batteries froides seules deviennent insuffisantes

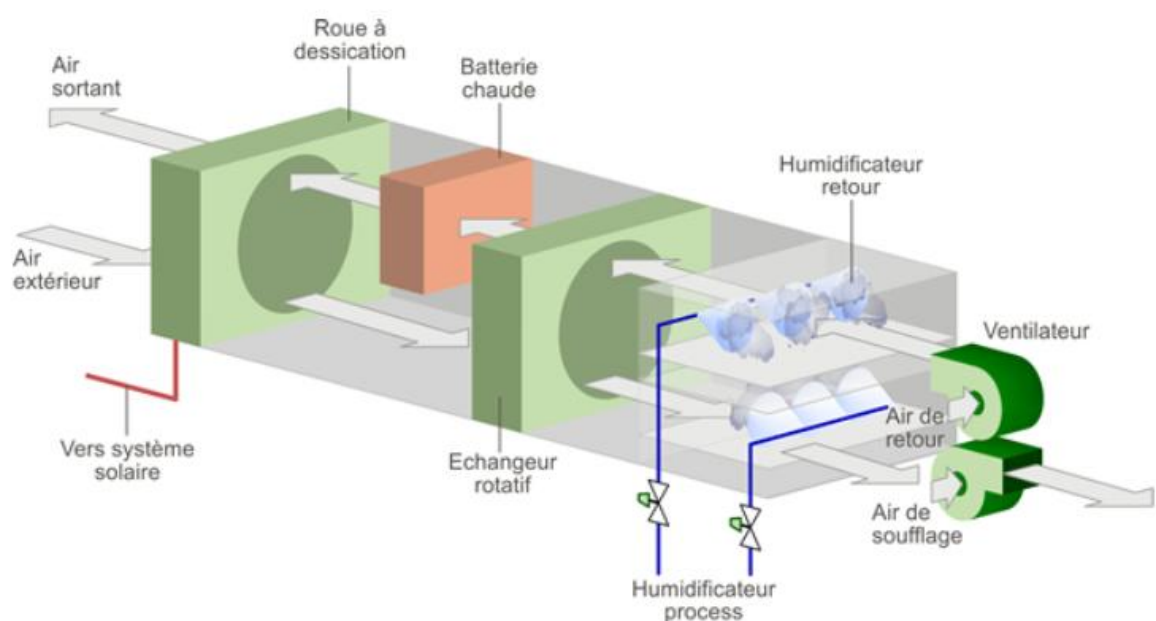


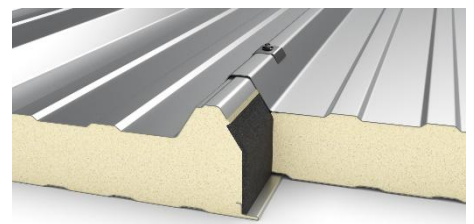
Figure 29 – Schéma de principe d'une roue dessiccante à tamis moléculaire

## Toiture

L'isolation des parois verticales de la toiture est nécessaire, car les échanges thermiques parasites observés sur ces surfaces non protégées contribuent fortement à l'augmentation des charges internes. Pour y remédier, la mise en place de panneaux sandwich isolants est préconisée.

Différentes solutions peuvent être envisagées en fonction des performances recherchées :

- Panneaux sandwich polyisocyanurate (PIR) : résistance thermique typique de  $R \approx 2,5$  à  $3,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  pour une épaisseur de 50 à 120 mm
- Panneaux en mousse polyuréthane (PUR) : résistance thermique de  $R \approx 2$  à  $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  pour une épaisseur de 50 mm
- Panneaux laine de roche haute densité : résistance thermique plus faible ( $R \approx 1,5$  à  $2,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  pour 100 mm), mais avec un meilleur comportement au feu

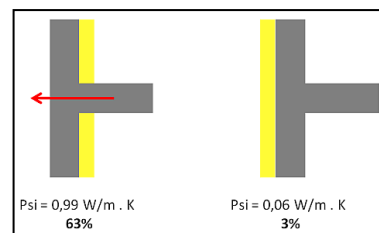


Le choix du type d'isolant dépendra donc du compromis recherché entre performance thermique, résistance mécanique, sécurité incendie et durabilité dans un contexte de climat tropical humide.



### Mur extérieur

À moyen terme, il est recommandé de renforcer l'isolation thermique des murs par l'extérieur afin d'améliorer la stabilité hygrothermique du local et de réduire la sollicitation des CTA. L'isolation thermique par l'extérieur (ITE) constitue en effet une solution stratégique pour accroître la performance énergétique du bâtiment, en limitant notamment les apports solaires et en homogénéisant la température des parois.



La mise en œuvre proposée repose sur la pose de panneaux isolants rigides fixés mécaniquement et collés sur les murs en béton. Cette technique assure une liaison continue et efficace entre la structure porteuse et la couche isolante, réduisant ainsi les ponts thermiques.

Les panneaux isolants seraient ensuite protégés par un enduit de finition armé d'une trame en fibre de verre, avec renforts spécifiques aux angles saillants et rentrants, conformément aux règles de l'art. Cette finition, en plus de garantir la durabilité du complexe isolant, offrirait une protection continue contre la migration de l'humidité et contribuerait à la pérennité de l'enveloppe du bâtiment.

### Perméabilité à l'air

Il est indispensable de limiter les infiltrations d'air entre le plénum et le local en renforçant l'étanchéité des plafonds isolants. Ces passages parasites perturbent la régulation, accroissent la charge de traitement des CTA et dégradent le confort hygrothermique.

De plus, il est nécessaire de reboucher et traiter l'ensemble des percements liés aux équipements techniques présents dans le local de télécommunications. Ces défauts d'étanchéité favorisent une perte de surpression et peuvent entraîner l'entrée d'air extérieur non maîtrisé, accentuant les contraintes sur la régulation.

# Schéma de principe du réseau d'eau glacée

Niveau R+1

Niveau RDC

Niveau R-1

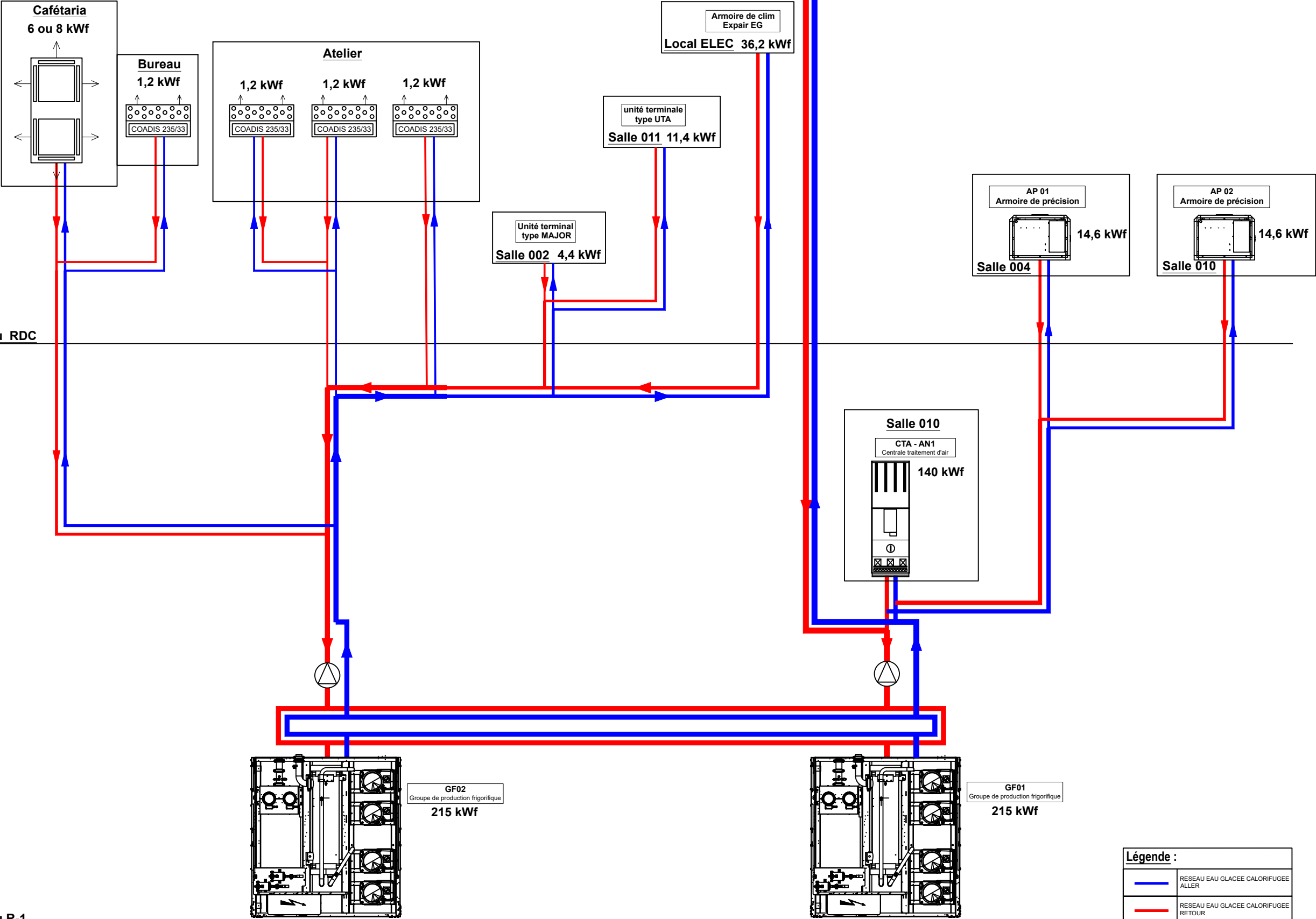


Schéma de principe du  
réseau de ventilation

TOITURE

RDC

R-1

