

LABORATOIRE D'ÉCOLOGIE ET GENOMIQUE FORRESTIERE
INRA de Nancy - Site de Champenoux

NATURE DU DOSSIER

PHASE APD

Notice Environnementale
Annexe 1 : Simulations thermiques
Dynamiques

MAÎTRISE D'OUVRAGE

Institut National de la Recherche Agronomique
Centre de Recherche de Nancy-Campenoux

Forêt d'Amance 54280 CHAMPENOUX / Tel : 03 83 39 40 41/ Fax : 03 83 39 40 69
Contact : Martin Geisler

O SOCOTEC / Bureau de contrôle

84 Quai Claude-le-Lorrain BP33337 NANCY Cedex 54014
Tel : 03 83 35 48 86 / Fax : 03 83 32 31 16
Mel : david.bril@socotec.fr
Contact : David BRIL

O ACE BTP / SPS

ZI rue Lavoisier BP50 NOGENT 52800
Tel : 03 25 02 77 36 / Fax : 03 25 02 77 96
Contact : Pascal GERDOLLE

MANDATAIRE DU GROUPEMENT D'INGÉNIERIE

/ TECTONIQUES / ARCHITECTURE & ENVIRONNEMENT /

Contact : Raphaël Verboud

MAÎTRISE D'ŒUVRE

O TECTONIQUES / Architectes

8, place Colbert - 69001 LYON
Tél : 04 78 30 06 56 / Fax : 04 72 00 84 89
Mél : raph.verboud@tectoniques.com
Contact : Raphaël Verboud

O ANGLADE STRUCTURES BOIS / Ingénieurs structure bois

46, rue Arago \ nBP 39 PORT VENDRES 66660
Tel : 04 68 98 07 12 / Fax : 04 68 98 07 13
Mel : anglade.bois@wanadoo.fr
Contact : Jacques ANGLADE

O TECTONIQUES / Economistes

8, place Colbert - 69001 LYON
Tél : 04 78 30 06 56 / Fax : 04 72 00 84 89
Mél : m.mounaud@tectoniques.com
Contact : Mayeul Mounaud

O INDDIGO/ Ingénieurs HQE

367 avenue du Grand Ariétaz CHAMBERY Cedex 73024
Tel : 04 79 69 89 69 / Fax : 04 79 69 06 00
Mel : d.suisse-guillaud@inddigo.com
Contact : Damien SUISSE-GUILLAUD

O SECHAUD ET BOSSUYT RA / Ingénieurs fluides

12 rue des Piverts, ZI Mi Plaine \ BP 228
SAINT PRIEST Cedex 69803
Tel : 04 72 79 42 55 / Fax : 04 72 79 34 22
Mel : e.besses@sechaudetbossuyt.fr
Contact : Eric Besses

O SECHAUD ET BOSSUYT RA / VRD

12 rue des Piverts, ZI Mi Plaine \ BP 228
SAINT PRIEST Cedex 69803
Tel : 04 72 79 42 55 / Fax : 04 72 79 34 22
Mel : v.plagne@sechaudetbossuyt.fr
Contact : Valérie Plagne

O SECHAUD ET BOSSUYT RA / Ingénieurs béton

12 rue des Piverts, ZI Mi Plaine \ BP 228
SAINT PRIEST Cedex 69803
Tel : 04 72 79 42 55 / Fax : 04 72 79 34 22
Mel : a.tchedre@sechaudetbossuyt.fr
Contact : Achille Tchedre

O ETICO / OPC

99, avenue Carnot BP 90084 Saint-Max Cedex 4132
Tel : 03 83 20 10 00 / Fax : 03 83 20 92 08
Mel : p.denomme@etico.fr
Contact : Patrick Denommé

FICHER SOURCE

Annexe STD - Notice APD

/ ÉCHELLE

/ DATE DE CRÉATION

09/01/2009

DOCUMENTS ÉTABLI PAR

DSG

/ VISA

DSG

/ INDICE

a

/ MODIFICATIONS

SOMMAIRE

1	INTRODUCTION	3
2	RECAPITULATIF	4
3	DESCRIPTION DU PROJET & MODELISATION	5
3.1	Le projet	5
3.2	Constitution des parois	5
3.3	Météo	7
3.4	Apports internes	8
3.4.1	<i>Occupants</i>	<i>8</i>
3.4.2	<i>Machines</i>	<i>8</i>
4	ESTIMATION DES BESOINS DE CHAUFFAGE	9
4.1	Hypothèses de base	9
4.1.1	<i>Consignes de chauffage</i>	<i>9</i>
4.1.2	<i>Ventilation</i>	<i>9</i>
4.2	Options évaluées	10
4.3	Résultats	11
5	EVALUATION DU CONFORT D'ETE.....	12
5.1	Hypothèses de base	12
5.1.1	<i>Dimensionnement du Puits Canadien</i>	<i>12</i>
5.1.2	<i>Dimensionnement des ouvrants de ventilation naturelle</i>	<i>12</i>
5.2	Scénarios évalués	13
5.3	Résultats	13
5.4	Nombre d'heures d'inconfort.....	13
5.5	Résultats graphiques.....	16

1 INTRODUCTION

Le présent rapport récapitule les résultats des simulations dynamiques effectuées sur le bâtiment qui accueillera les futurs laboratoires et bureaux de l'Inra à Nancy.

Ces simulations ont pour principaux objectifs d'estimer les besoins de chauffage de l'ensemble du bâtiment et de déterminer le confort d'été dans différentes zones (atrium, laboratoires, bureaux) en fonction de nombreux paramètres tels que les matériaux utilisés, les apports internes, les protections solaires et le renouvellement d'air obtenu de manière naturelle et/ou mécanique pour ne citer que les paramètres les plus déterminants.

Les simulations ont été effectuées avec les logiciels TRNsys et TRNflow.

2 RECAPITULATIF

2.1 BESOINS DE CHAUFFAGE

Nous avons évalué les besoins de chauffage sur l'ensemble du bâtiment pour un scénario de base, puis selon différentes pistes d'amélioration.

Les besoins de chauffage obtenus pour le scénario de base s'élèvent à 42,4 kWh_{ef}/m².an.

Les pistes d'amélioration avec leur gain énergétique par rapport au scénario de base sont les suivantes :

- Mise en œuvre de triple vitrage sur les façades Nord (-10%)
- Mise en œuvre d'un échangeur rotatif ; rendement moyen de 80% (-6%)
- Régulation fine de la ventilation sur sonde de présence (-9%)

Le cumul de ces pistes d'amélioration permet de réduire les consommations de l'ordre de 22% par rapport au scénario de base et d'arriver à des besoins de chauffage de 33.2 kWh_{ef}/m².an.

2.2 CONFORT D'ETE

Par rapport à la phase APS, la conception de l'atrium a été fortement réfléchi de manière à favoriser le confort d'été. La réduction de la surface vitrée en toiture et les dispositions prises pour ventiler naturellement l'atrium permettent de limiter et d'évacuer les surchauffes.

Dans les laboratoires et les bureaux, le confort d'été est largement tributaire des apports internes et des débits de ventilation. Ainsi, les laboratoires de 2 trames ventilés à 120 m³/h ne présentent pas de véritables surchauffes même avec des apports internes importants. En revanche, les laboratoires plus grands présentent des risques de surchauffes plus élevés en cas d'apports internes importants.

Le bureau étudiants simulé fait partie des zones les plus défavorables en terme de confort d'été puisque situé au dernier étage, orienté Sud-Ouest et ventilé à des débits inférieures à ceux d'un bureau classique. En considérant ces hypothèses, le confort d'été est relativement satisfaisant puisque pour un scénario d'apport interne de base, le nombre d'heure d'occupation où la température dépasse 28°C est limité à 29h.

3 DESCRIPTION DU PROJET & MODELISATION

3.1 LE PROJET

Le projet, situé à Champenoux près de Nancy, consiste en un bâtiment de 3 niveaux. Celui-ci est composé de deux parties (Nord et Sud) séparées par un atrium orienté selon l'axe Est/Ouest avec une verrière en toiture.

Afin d'estimer les besoins de chauffage, l'ensemble du bâtiment a été modélisé.

Les résultats en termes de confort d'été portent sur les zones suivantes :

Zone	Niveau	Orientation
Atrium	rdc	-
Laboratoire d'extraction	R+1	Sud Ouest
Laboratoire spécialisé	R+2	Nord
Bureau étudiants		Sud Ouest

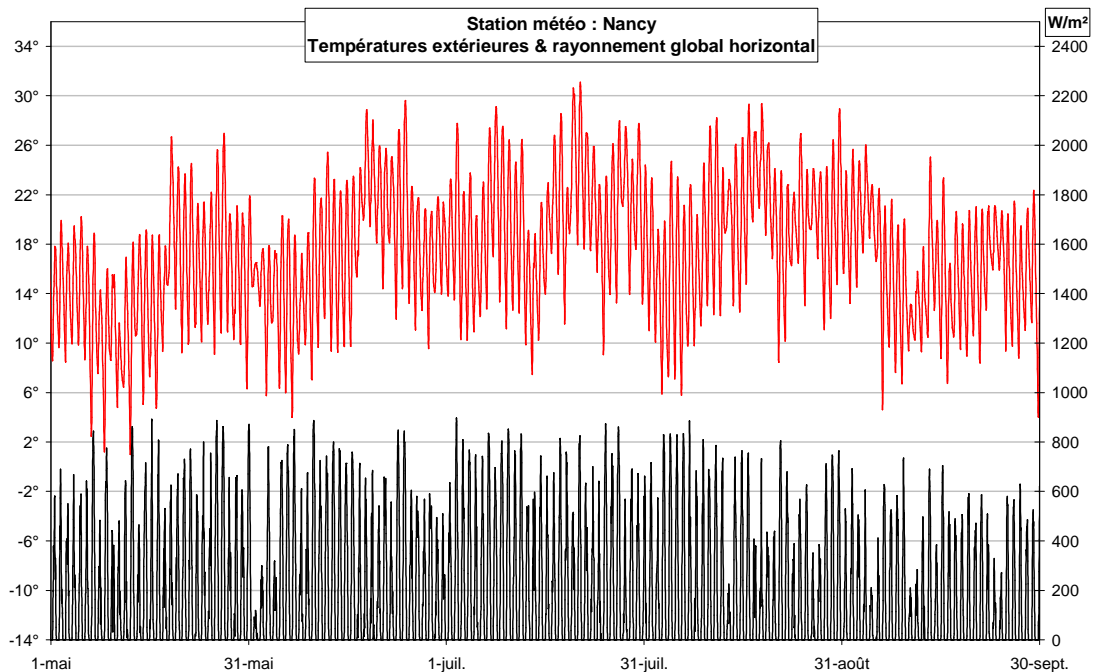
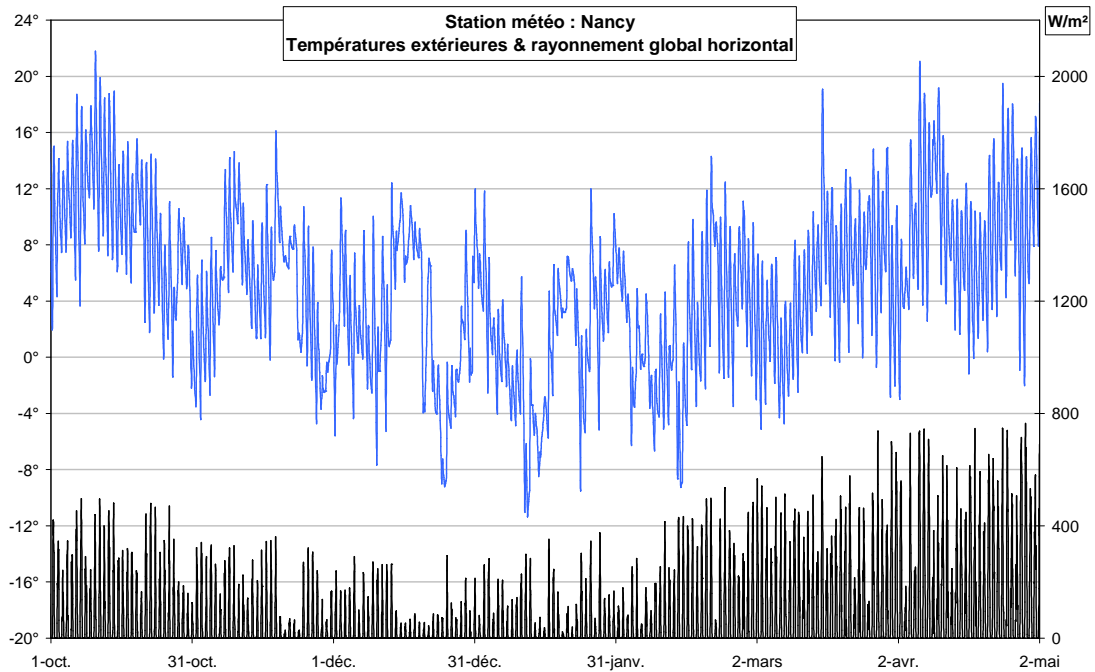
3.2 CONSTITUTION DES PAROIS

Parois opaques		
Parois	Composition	U_{paroi} [W/m ² .K]
Sol	Isolation continue en sous-face (10cm de PXE)	0.25
Façades Rdc	Isolation extérieure sur voile béton (14cm de PSE)	0.23
Autre Façades	Ossature bois. 15cm de laine minérale entre poteaux + 5cm de laine de bois côté extérieur.	0.21
Toiture	Toiture légère végétalisée, isolée par 30cm de laine de roche	0.12
Toiture atrium	Toiture légère, isolée par 30cm de laine de roche	0.13

Menuiseries				
Zone	Vitrage	Facteur solaire	Protection solaire	U_w [W/m².K]
Atrium	Double vitrage lame argon	0.6	Intérieure (FS _{protection} = 0.7)	1.8
Façades Nord			-	1.7
Façades Sud-Est à Sud-Ouest			Protection solaire extérieures : - type screen* (FS _{global} = 0.15) - Casquettes - Lames verticales fixes	1.7
*protections solaires actives dès que la façade reçoit du rayonnement solaire direct.				

3.3 METEO

Les météo utilisées lors des simulations sont celles de la station de Nancy. Elles sont différentes entre les simulations relatives à l'estimation des besoins de chauffage et celles relatives au confort d'été.



La température minimum en hiver atteint -11,3°C.

Le nombre de DJU sur la période de chauffe atteint 2781.

La température maximum en été s'élève à 31,1°C.

3.4 APPORTS INTERNES

3.4.1 OCCUPANTS

Le nombre d'occupant pris en compte dans les simulations correspond aux données du programme, soit un effectif global quotidien de 60 personnes répartis sur l'ensemble des bureaux et laboratoires du bâtiment.

Les apports liés aux occupants ont été pris en compte à hauteur de $75 W_{\text{sensibles}}$ par occupant.

La période d'occupation est de 8h à 12h puis de 14h à 18h du lundi au vendredi.

3.4.2 MACHINES

Des apports liés à l'éclairage ont été pris en compte dans chaque zone pendant la période d'occupation à hauteur de $5W/m^2$.

Les apports liés à l'informatique sont pris en compte à hauteur de $140 W_{\text{sensibles}}$ par ordinateur à raison d'un poste par occupant pendant la période d'occupation.

Des apports spécifiques liés au matériel utilisé ont été ajoutés dans certains laboratoires conformément aux calculs de puissance électrique installée. Les apports machines globaux (occupation + éclairage + informatique + apports spécifiques) varient alors selon les laboratoires entre 13 et $32 W/m^2$.

4 ESTIMATION DES BESOINS DE CHAUFFAGE

4.1 HYPOTHESES DE BASE

4.1.1 CONSIGNES DE CHAUFFAGE

Indépendamment des scénarios considérés, les besoins de chauffage tiennent compte des consignes suivantes :

Consignes de chauffage	
Zones	Consignes & scénario d'intermittence
Bureau	20°C de 7h à 19h du lundi au vendredi 16°C le reste du temps
Laboratoire	20°C en continu
Locaux de stockage	16°C en continu
Atrium	16°C de 7h à 19h du lundi au vendredi 12°C le reste du temps

4.1.2 VENTILATION

Dans la totalité des zones, la ventilation mécanique est effective de 7h à 19h du lundi au vendredi.

Les débits hygiéniques pris en compte sont de 25m³/h.personnes dans les bureaux et de 60m³/h.personnes dans les laboratoires. **Le taux de renouvellement d'air de chaque zone tient compte de ces débits multipliés par deux conformément aux plans CVC.**

Un récupérateur de chaleur sur l'air extrait a été pris en compte dans les simulations avec un **rendement moyen de 70%**.

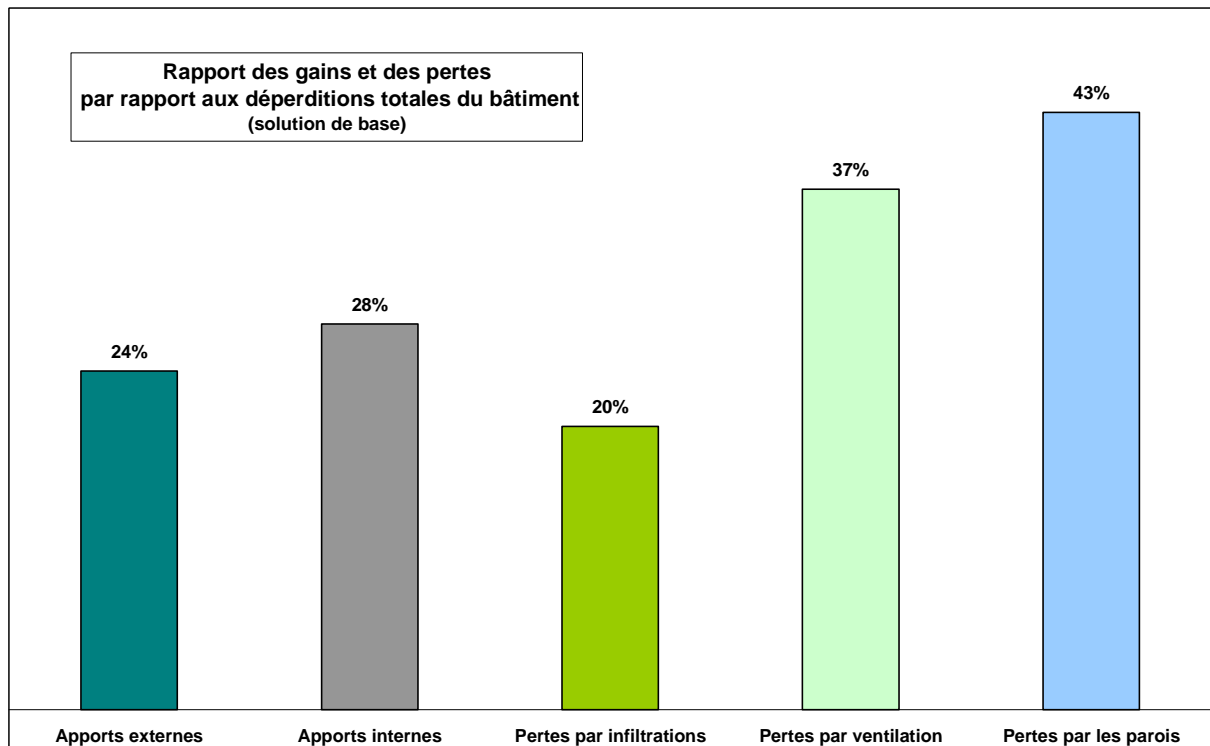
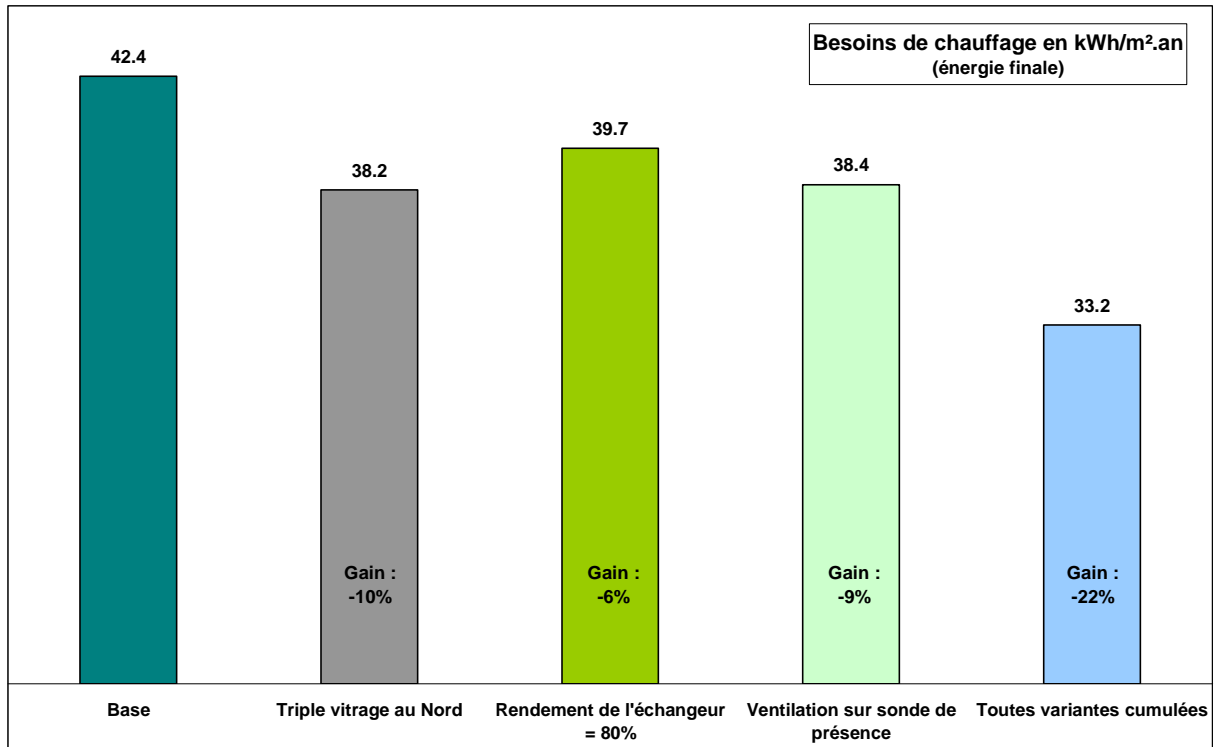
Des infiltrations ont été prises en compte dans la totalité des zones (excepté l'atrium) à hauteur de **0,2 Vol/h**. Dans l'atrium, nous avons considéré des infiltrations à hauteur de 0,4 Vol/h.

4.2 OPTIONS EVALUEES

En plus du scénario de base décrit précédemment, nous avons évalué l'impact de différentes options sur les besoins de chauffage.

Variantes	Description
Triple vitrage sur les façades Nord	Le double vitrage est remplacé par du triple vitrage ($U_w = 1 \text{ W/m}^2.\text{K}$; $FS = 0.45$) sur toutes les façades Nord (y compris le mur rideau)
Echangeur rotatif	Le rendement moyen des récupérateurs de chaleur sur l'air extrait est pris en compte à hauteur de 80% (au lieu de 70%)
Ventilation sur sonde de présence	Les débits hygiéniques ne sont plus doublés : <ul style="list-style-type: none"> - le taux de renouvellement d'air des bureaux tient compte d'un débit hygiénique de $25\text{m}^3/\text{h}.\text{personnes}$ - le taux de renouvellement d'air des laboratoires tient compte d'un débit hygiénique de $60\text{m}^3/\text{h}.\text{personnes}$

4.3 RESULTATS



5 EVALUATION DU CONFORT D'ETE

Les résultats en termes de confort d'été portent sur les zones suivantes :

Zone	Niveau	Orientation	Nombre de trame	Ventilation mécanique	Apports internes en base*
Atrium	rdc	-	-	-	-
Laboratoire d'extraction	R+1	Sud Ouest	2	120 m ³ /h soit 2.5 Vol/h	17 W/m ²
Laboratoire spécialisé	R+2	Nord	4	120 m ³ /h soit 1.3 Vol/h	13 W/m ²
Bureau étudiants	R+2	Sud Ouest	4	75 m ³ /h soit 0.8 Vol/h	17 W/m ²
*correspond aux apports décrits précédemment (occupants + informatique + éclairage)					

5.1 HYPOTHESES DE BASE

L'estimation du confort d'été tient compte des hypothèses décrites précédemment.

La stratégie de ventilation en période chaude consiste en occupation à souffler de l'air extérieur rafraîchi par un puits canadien aux débits hygiéniques.

Hors occupation, la ventilation mécanique des bureaux et laboratoires est arrêtée. Les surchauffes seront évacuées grâce à une surventilation naturelle nocturne traversante dans chaque zone, celle-ci étant réalisée par le biais de soufflets situés en façade et sur les cloisons donnant sur l'atrium.

5.1.1 DIMENSIONNEMENT DU PUIITS CANADIEN

Le puits canadien modélisé dans les simulations consiste en une galerie visitable de section 2m*2m et d'une longueur de 100m.

5.1.2 DIMENSIONNEMENT DES OUVRANTS DE VENTILATION NATURELLE

Les ouvrants simulés pour assurer une surventilation naturelle nocturne traversante dans les bureaux et les laboratoires sont des soufflets de section libre largeur*hauteur = 1m*0.4m, à raison d'un ouvrant donnant sur l'extérieur par trame de 1.2m de façade et d'un ouvrant donnant sur l'atrium pour deux trames de 1.2m de façade.

Les ouvrants simulés pour assurer une surventilation naturelle traversante continue de la lame d'air située sous la toiture de l'atrium sont des soufflets de section libre largeur*hauteur = 1m*0.7 m, à raison d'un ouvrant donnant sur l'extérieur de part et d'autre de l'atrium par trame de 1.2m de façade.

5.2 SCENARIOS EVALUES

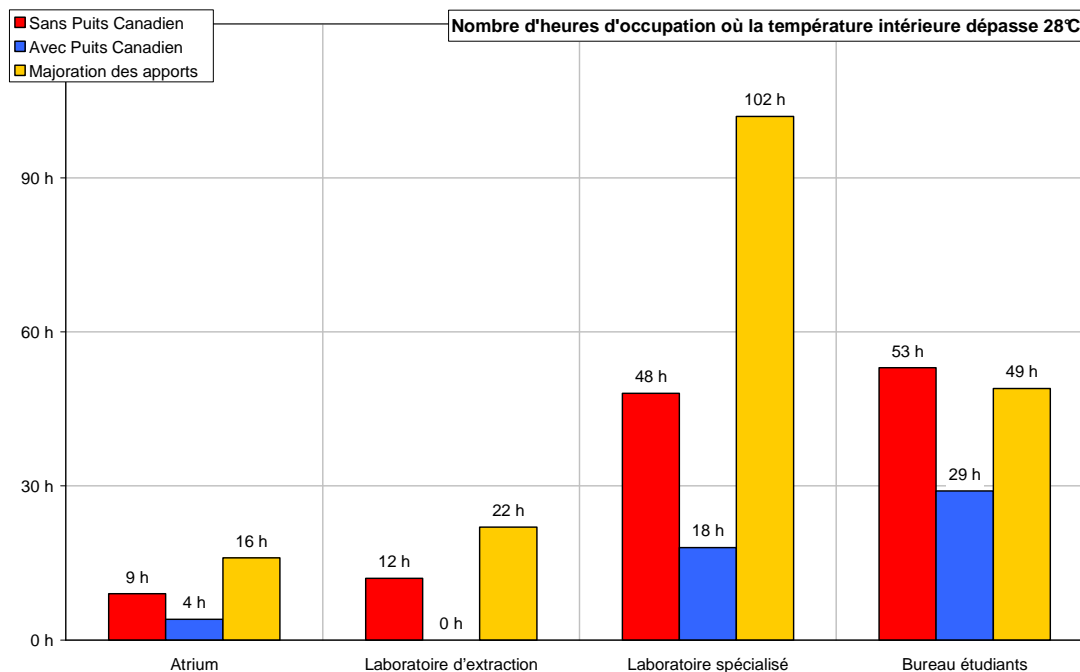
Nous avons déterminé le confort d'été pour trois scénarios différents :

Scénario	Description
1.	Résultats sans puits canadien. L'air soufflé dans les laboratoires et les bureaux est à la température extérieure.
2.	Résultats avec puits canadien. L'air soufflé aux débits hygiéniques dans les laboratoires et les bureaux est rafraîchi par le puits canadien.
3.	Résultats avec puits canadien et majoration des apports internes dans les laboratoires de 15W/m ² .

5.3 RESULTATS

5.4 NOMBRE D'HEURES D'INCONFORT

Les tableaux et histogrammes suivants récapitulent le nombre d'heures pendant l'occupation (8h-12h puis 14h-18h pour les bureaux et laboratoires ; 7h-19h pour l'atrium) ainsi que le pourcentage du temps d'occupation où la température intérieure des zones simulées dépasse une certaine température donnée en entrée. Sont indiquées aussi les températures maximales atteintes.



Scénario 1 : Sans puits canadien												
	Atrium			Laboratoire d'extraction			Laboratoire spécialisé			Bureau étudiants		
	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°
Mai	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
Juin	13	4	0	16	5	0	23	16	2	27	20	2
Juillet	29	5	0	18	5	0	41	27	2	42	28	3
Août	5	0	0	5	2	0	13	5	0	14	5	0
Sept.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	47 h	9 h	0 h	39 h	12 h	0 h	78 h	48 h	4 h	84 h	53 h	5 h
T_{max}	28.8°			29.1°			30.3°			30.7°		

	Atrium			Laboratoire d'extraction			Laboratoire spécialisé			Bureau étudiants		
	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°
Mai	0%	0%	0%	0%	0%	0%	1%	0%	0%	1%	0%	0%
Juin	8%	3%	0%	10%	3%	0%	14%	10%	1%	17%	13%	1%
Juillet	16%	3%	0%	10%	3%	0%	22%	15%	1%	23%	15%	2%
Août	3%	0%	0%	3%	1%	0%	7%	3%	0%	8%	3%	0%
Sept.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Scénario 2 : Avec puits canadien												
	Atrium			Laboratoire d'extraction			Laboratoire spécialisé			Bureau étudiants		
	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°
Mai	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juin	9	2	0	2	0	0	15	5	0	22	7	0
Juillet	17	2	0	4	0	0	31	9	0	32	17	2
Août	3	0	0	2	0	0	5	4	0	9	5	0
Sept.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	29 h	4 h	0 h	8 h	0 h	0 h	51 h	18 h	0 h	63 h	29 h	2 h
T_{max}	28.4°			28.0°			29.4°			30.1°		

	Atrium			Laboratoire d'extraction			Laboratoire spécialisé			Bureau étudiants		
	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°
Mai	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Juin	4%	1%	0%	1%	0%	0%	9%	3%	0%	14%	4%	0%
Juillet	6%	1%	0%	2%	0%	0%	17%	5%	0%	17%	9%	1%
Août	1%	0%	0%	1%	0%	0%	3%	2%	0%	5%	3%	0%
Sept.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Scénario 3 : Majoration des apports internes dans les laboratoires												
	Atrium			Laboratoire d'extraction			Laboratoire spécialisé			Bureau étudiants		
	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°
Mai	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	0
Juin	21	7	0	20	6	0	37	24	6	23	18	2
Juillet	49	9	0	30	11	0	83	57	11	40	26	3
Août	12	0	0	7	5	0	43	20	4	14	5	0
Sept.	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0
Total	82 h	16 h	0 h	57 h	22 h	0 h	176 h	102 h	21 h	77 h	49 h	5 h
T_{max}	29.0°			29.6°			31.4°			30.6°		

	Atrium			Laboratoire d'extraction			Laboratoire spécialisé			Bureau étudiants		
	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°	T>27°	T>28°	T>30°
Mai	0%	0%	0%	0%	0%	0%	2%	1%	0%	0%	0%	0%
Juin	9%	3%	0%	13%	4%	0%	23%	15%	4%	14%	11%	1%
Juillet	18%	3%	0%	16%	6%	0%	45%	31%	6%	22%	14%	2%
Août	5%	0%	0%	4%	3%	0%	24%	11%	2%	8%	3%	0%
Sept.	0%	0%	0%	0%	0%	0%	5%	0%	0%	0%	0%	0%

5.5 RESULTATS GRAPHIQUES

