

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة قاصدي مرباح ورقلة
كلية العلوم التطبيقية
قسم الهندسة الميكانيكية



رقم الترتيب:
رقم التسلسل:

أطروحة محاضرة لنيل شهادة الدكتوراه علوم

تخصص: هندسة ميكانيكية

فرع: هندسة ميكانيكية

من إعداد الطالب: دريد محمد مبروك

تحت عنوان:

تطوير نظام إمداد مستقل بالطاقة لمحطة هاتفية معزولة

Développement d'un système d'alimentation autonome d'une station téléphonique isolée

نوقشت و أجزت علنا بتاريخ: 2020/12/09

أمام لجنة المناقشة:

رئيسا	جامعة ورقلة	أستاذ التعليم العالي	عبد الغني بوبكري
مناقشا	جامعة باتنة 2	أستاذ التعليم العالي	حسين بن موسى
مناقشا	جامعة الوادي	أستاذ محاضر أ	عبد الملك عطية
مناقشا	وحدة URAER غرداية	مدير بحث	سيدي محمد الامين بكوش
مناقشة	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر أ	نادية صيفي
مؤظرا	جامعة ورقلة	أستاذ محاضر أ	بوبر نكر

السنة الجامعية: 2020-2021

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA
FACULTE DES SCIENCES APPLIQUEES
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

N° d'ordre :
N° de série :

Thèse

Présenté pour l'obtention du diplôme de

DOCTORAT

Spécialité : *génie mécanique*

Option : *génie mécanique*

Présenté par:

Drid Mohamed Mebrouk

Thème

**Développement d'un système d'alimentation autonome d'une
station téléphonique isolée**

Soutenu publiquement le : 09/12/2020

Devant le jury composé de :

Abdelghani BOUBEKRI	Professeur	Université Ouargla	Président
Hocine BENMOUSSA	Professeur	Université Batna 2	Examinateur
Abdelmalek ATIA	Maitre de conférences A	Université El Oued	Examinateur
Sidi Mohammed El- Amine BEKKOUCHE	Directeur de recherche	Unité URAER. Ghardaïa	Examinateur
Nadia SAIFI	Maitre de conférences A	Université Ouargla	Examinatrice
Boubekeur DOKKAR	Maitre de conférences A	Université Ouargla	Encadreur

Année universitaire : 2020/2021

شكر وتقدير

أشكر الله الذي هداني ووفقني وهياً لي الظروف لإتمام هذا العمل المتواضع
ثم أتوجه بالشكر الجزيل للأستاذ **بوبكر نكار** على قبوله الإشراف على هذه الأطروحة وما
قدمه لي من إرشادات وتوجيهات في مجال البحث.

كما يسرني أن أتقدم بجزيل الشكر و التقدير لأستاذي **عبد الغني بوبكري** أستاذ
التعليم العالي بجامعة ورقلة على قبوله ترأس لجنة المناقشة

كما أتوجه بالشكر الخالص للأستاذ **حسين بن موسى** أستاذ التعليم العالي بجامعة
باتنة، لما أبداه من اهتمام في هذا العمل بالموافقة على دراسته وأن يكون عضواً في لجنة
المناقشة لهذه الأطروحة.

و أتوجه بخالص شكري للأستاذ **عبد المالك عطية** أستاذ بجامعة الوادي على قبوله
دراسة هذا العمل وأن يكون عضواً في لجنة المناقشة لهذه الأطروحة.

ثم أتوجه بخالص شكري للأستاذ **سيدي محمد الامين بكوش** مدير بحث URAER
غرداية على قبوله دراسة هذا العمل وأن يكون عضواً في لجنة المناقشة لهذه الأطروحة.

كما أتوجه بالشكر الخالص للأستاذة **نادية صيفي** أستاذة بجامعة ورقلة، لما أبدته
من اهتمام بهذا العمل بالموافقة على دراسته وأن تكون عضواً في لجنة المناقشة لهذه
الأطروحة.

كما أشكر جميع الزملاء في قسم الهندسة الميكانيكية و في كلية العلوم التطبيقية و في
جامعة قاصدي مرباح ورقلة.

دون أن ننسى أي شخص شارك من قريب أو بعيد في إعداد هذه الرسالة.

نسأل الله أن يجازيهم عنا خير الجزاء.

الإهداء

إلى أمي ،

و أبي،

إلى زوجتي و أبنائي،

و إلى جميع إخواني وأخواتي ،

و كل أصدقائي،

إلى جميع أساتذتي ،

و لكل من ساعدني

أهدي هذا العمل المتواضع ...

الصفحة	الفهرس	الرقم
i	التشكرات	
ii	الإهداء	
ix	قائمة الأشكال	
xiv	قائمة الجداول	
xvi	قائمة الاختصارات و الرموز	
01	المقدمة العامة	

الفصل الأول

الوصف العام لتكنولوجيا الاتصال

04	المقدمة	1.1
04	نظرة تاريخية	2.1
05	تنظيم مؤسسة الاتصالات الجزائرية	3.1
07	أنشطة شركة الاتصالات الجزائرية	4.1
07	شبكة الاتصالات الجزائرية	5.1
07	1.5.1 الشبكة التجارية	
07	2.5.1 شبكة النقل	
08	3.5.1 الشبكة الدولية	
08	عرض لمعيار GSM	6.1
08	بنية شبكة GSM	7.1

09	نظام الراديو (BSS)	1.7.1	
09	محطة القاعدة (BTS)	2.7.1	
09	تحكم المحطة الأساسية (BSC)	3.7.1	
10	نظام الشبكة (NSS)	4.7.1	
10	النظام الفرعي للعمليات والصيانة (OSS)	5.7.1	
10	المحطة المتنقلة (MS)	6.7.1	
11		المأوى	8.1
11	وصف المأوى	1.8.1	
12	خصائص المأوى	2.8.1	
13	طرق التبريد المختلفة لمجأ الاتصالات		9.1
13	أنظمة التبريد النشطة	1.9.1	
13	1.1.9.1 التهوية بواسطة المراوح		
14	2.1.9.1 التبريد بواسطة مكيف الهواء		
15	أنظمة التبريد السلبية	2.9.1	
15	1.2.9.1 مواد تغيير الطور		
16	2.2.9.1 الغطاء النباتي		
16	3.2.9.1 المدخنة الشمسية		
17	4.2.9.1 مبادل حراري هوائي أرضي		
18	5.2.9.1 العزل الحراري للجدران الخارجية		
19		العوامل المتعلقة بالظروف المناخية	10.1
19	درجة حرارة الهواء المحيط	1.10.1	
19	سرعة الهواء	2.10.1	
19	رطوبة الهواء	3.10.1	
19	أشعة الشمس	4.10.1	

20	11.1	تصنيف المناطق المناخية في الجزائر
20	12.1	الخصائص المناخية لمنطقة ورقلة
22	13.1	تحليل الدراسات السابقة
26	14.1	الخاتمة

الفصل الثاني

دراسة إحصائية عن استهلاك الطاقة للمحطات

27	1.2	المقدمة
27	2.2	نظام المعلومات الجغرافية (مكونات برنامج Arc GIS)
29	3.2	الخصائص و التوزيع الجغرافي لمحطات BTS في الجنوب الشرقي
31	4.2	التوزيع الجغرافي لمحطة BTS في الجنوب الشرقي
32	5.2	تقييم استهلاك الطاقة لمحطات BTS
34	6.2	اختيار موقع محطة BTS
35	7.2	الخاتمة

الفصل الثالث

تبريد المنشآت و التأثيرات المناخية

36	1.3	المقدمة
36	2.3	الراحة داخل المباني
37	3.3	الراحة الحرارية
39	4.3	درجة الحرارة الظاهرة (TAPP)
40	5.3	مؤشر المناخ الحراري العالمي (UTCI)
41	6.3	تحليل المناخ
42	7.3	طريقة درجة الحرارة خلال الساعات
44	8.3	التقسيم المناخي المقترح
49	9.3	الخاتمة

الفصل الرابع

إدراج الحلول بالنسبة للمأوى الحالي

51	المقدمة	1.4
52	إدراج الحلول بالنسبة للمأوى الحالي	2.4
55	إضافة العوازل للمأوى الحالي	3.4
56	دراسة حالة مأوى بدون إضافة العوازل	4.4
57	1.4.4 درجة حرارة المأوى بدون وجود مصدر حراري	
57	2.4.4 المجال الديناميكي بدون وجود مصدر حراري	
58	3.4.4 درجة الحرارة في حالة وجود مصدر حراري	
58	4.4.4 المجال الديناميكي في حالة وجود مصدر حراري	
59	5.4 دراسة حالة مأوى مع إضافة العوازل	
60	1.5.4 درجة الحرارة وتدفق التيار في حالة عدم وجود مصدر حراري	
61	2.5.4 درجة الحرارة و تدفق التيار في حالة وجود مصدر حراري	
62	ملخص	6.4
63	7.4 إضافة مبادل حراري هوائي أرضي للمأوى الحالي	
65	8.4 اختيار الشبكة	
66	9.4 مراقبة التقارب	
67	10.4 عرض النتائج و تحليلها	
68	1.10.4 الحالة الأولى $Re = 1000$	
72	2.10.4 الحالة الثانية $Re = 1500$	
76	3.10.4 الحالة الثالثة $Re = 2000$	
80	ملخص	11.4
81	12.4 تغذية مأوى الاتصالات بالطاقة المتجددة	

81	1.12.4	نظام الطاقة الشمسية
82	2.12.4	مكونات نظام الطاقة الشمسية
84	3.12.4	حساب طاقة الذروة وعدد الوحدات الكهروضوئية
90	13.4	الخاتمة

الفصل الخامس

دراسة متعددة المعايير لانتقاء الحلول المناسبة

91	1.5	المقدمة
92	2.5	طرق التحسين
98	3.5	طرق لانتقاء المتعدد الأهداف
98	1.3.5	أساليب الاندماج الأمثل بالضبط
99	2.3.5	طرق التحسين التقريبي
100	1.2.3.5	الطرق الحتمية
103	2.2.3.5	الطرق العشوائية
109	3.3.5	تصميم التجارب
114	1.3.3.5	معايير المثالية
115	2.3.3.5	أنواع مختلفة خطط التجارب
116	4.5	تحليل الحلول ودعم القرار
117	5.5	أمثلية باريتو
117	6.5	أدوات المحاكاة لاستهلاك الطاقة في المباني
118	7.5	اقتران البرمجيات ومحاكاة البناء
119	8.5	دراسة حالة مأوى الاتصالات

121

9.5 الخاتمة

122

الخاتمة العامة

125

المراجع

قائمة الأشكال

الفصل الأول

الصفحة	الوصف العام لتكنولوجيا الاتصال	
06	الهيكل التنظيمي لمؤسسة اتصالات الجزائرية.	الشكل (1.1)
09	بنية GSM	الشكل (2.1)
12	مأوى الاتصالات السلكية و اللاسلكية	الشكل (3.1)
13	خصائص المأوى	الشكل (4.1)
14	التهوية بواسطة المراوح	الشكل (5.1)
14	التبريد بواسطة مكيف الهواء	الشكل (6.1)
16	تغطية المأوى بواسطة غطاء نباتي	الشكل (7.1)
17	المدخنة الشمسية	الشكل (8.1)
17	مأوى مجهز بمبادل حراري هوائي أرضي	الشكل (9.1)
18	العزل الحراري للجدران الخارجية	الشكل (10.1)
21	تفسير بيانات المناخ لمنطقة ورقلة (2020)	الشكل (11.1)
23	تغير درجة حرارة الهواء على طول المبادل الحراري	الشكل (12.1)

الفصل الثاني

دراسة إحصائية عن استهلاك الطاقة للمحطات

28	مكونات نظم المعلومات الجغرافية	الشكل (1.2)
30	محطة BTS حسب نوع ومصدر الطاقة	الشكل (2.2)
31	التوزيع الجغرافي لمحطات BTS في المنطقة الجنوبية الشرقية الجزائرية	الشكل (3.2)

- 33 الشكل (4.2) استهلاك الطاقة السنوي لمأوى الاتصالات BTS لولايات الجنوب الشرقي
- 34 الشكل (5.2) استهلاك الطاقة ب (دج) حسب نوع مأوى الاتصالات
- الفصل الثالث**
- تبريد المنشآت و التأثيرات المناخية**
- 38 الشكل (1.3) رسم تخطيطي لمعايير الراحة ل فانغر
- 41 الشكل (2.3) مفهوم UTCI المشتق كدرجة حرارة مكافئة من الاستجابة الديناميكية المتعددة المتغيرات لنموذج UTCI-Fiala الحراري
- 42 الشكل (3.3) المناخات ،أ) المدى المتوسط ؛ ب) المقياس المحلي؛ ج) المقياس المجهري
- 44 الشكل (4.3) المجالات الحرارية
- 45 الشكل (5.3) سرعة الرياح (م / ث)
- 45 الشكل (6.3) الارتفاع فوق مستوى سطح البحر (متر)
- 46 الشكل (7.3) الإشعاع الشمسي في W/m^2
- 46 الشكل (8.3) متوسط الرطوبة النسبية
- 46 الشكل (9.3) ساعات عدم الراحة الحرارية للتدفئة بالنسبة لدرجة حرارة 20 درجة مئوية
- 47 الشكل (10.3) ساعات عدم الراحة الحرارية للتبريد بالنسبة لدرجة حرارة 26 درجة مئوية
- 47 الشكل (11.3) تطوير الهيكل التنظيمي لمصفوفة تقييم المعايير المقدره في Arc-Gis
- 48 الشكل (12.3) تقسيم المناطق في الجزائر على أساس تقييم المعايير المقدره في Arc-Gis

الفصل الرابع

إدراج الحلول بالنسبة للمأوى الحالي

- 53 الشكل (1.4) درجات الحرارة الداخلية لمأوى الاتصالات
(في 2016/05/23)
- 54 الشكل (2.4) درجة الحرارة على الأسطح الخارجية
(الشرق - الغرب والسقف)
- 56 الشكل (3.4) المأوى التقليدي: أ) مجال الحساب ،
ب) خطوط الشبكة
- 57 الشكل (4.4) الملجأ التقليدي بدون وجود مصدر حراري : : أ) مظهر توزع
درجات الحرارة (K°) ، ب) مظهر توزع تدفق التيار (كجم /
ثانية)
- 58 الشكل (5.4) مظهر توزع درجات الحرارة لملجأ تقليدي في حالة
وجود مصدر حراري (K°)
- 59 الشكل (6.4) مظهر توزع التيار لملجأ تقليدي في حالة وجود مكاسب (كجم / ثانية)
- 60 الشكل (7.4) المأوى مع الألواح العازلة: أ) مجال حساب ، ب) خطوط الشبكة
- 61 الشكل (8.4) المأوى في حالة وجود عوازل خارجية بدون وجود مصدر حراري:
أ) درجة الحرارة الساكنة (كالفن) ، ب) تدفق التيار (كجم / ثانية)
- 62 الشكل (9.4) المأوى في حالة وجود عوازل خارجية و وجود مصدر حراري: أ)
درجة الحرارة الساكنة (كالفن) ، ب) تدفق التيار (كجم / ثانية)
- 64 الشكل (10.4) الشكل الهندسي لمبادل حراري هوائي أرضي

66	الشبكة المستعملة في الحساب	الشكل (11.4)
67	تطور البواقي مع عدد التكرارات ($Re = 2000$)	الشكل (12.4)
69	مظهر سرعة الهواء في المبادل الحراري ($Re = 1000$)	الشكل (13.4)
70	مظهر درجة حرارة الهواء في المبادل الحراري ($Re = 1000$)	الشكل (14.4)
71	توزع الحرارة في حالة ($Re = 1000$)	الشكل (15.4)
71	التغير في درجة حرارة الهواء بدلالة الطول عند ($Re = 1000$)	الشكل (16.4)
73	مظهر سرعة الهواء في المبادل الحراري ($Re = 1500$)	الشكل (17.4)
74	مظهر درجة حرارة الهواء في المبادل الحراري ($Re = 1500$)	الشكل (18.4)
75	توزع الحرارة في حالة ($Re = 1500$)	الشكل (19.4)
76	التغير في درجة حرارة الهواء بدلالة الطول عندما ($Re = 1500$)	الشكل (20.4)
77	مظهر سرعة الهواء في المبادل الحراري ($Re = 2000$)	الشكل (21.4)
78	مظهر درجة حرارة الهواء في المبادل الحراري ($Re = 2000$)	الشكل (22.4)
79	توزع الحرارة في حالة ($Re = 2000$)	الشكل (23.4)
79	التغير في درجة حرارة الهواء بدلالة الطول عندما ($Re = 2000$)	الشكل (24.3)
80	التغير في متوسط درجة حرارة الهواء	الشكل (25.4)
82	تزويد محطة الاتصال بالألواح الشمسية، و التخزين عن طريق البطاريات	الشكل (26.4)
83	تزويد محطة الاتصال بالألواح الشمسية، و التخزين عن طريق الهيدروجين	الشكل (27.4)

الفصل الخامس

دراسة متعددة المعايير لانتقاء الحلول المناسبة

92	الاتجاه المتزايد لعدد دراسات تحسين البناء في مجال البحث	الشكل (1.5)
95	مساحة البحث والوظائف الموضوعية	الشكل (2.5)
111	الفضاء التجريبي	الشكل (3.5)
112	مجال الدراسة من خلال اتحاد المجالات	الشكل (4.5)

قائمة الجداول

الفصل الأول

الوصف العام لتكنولوجيا الاتصال

- الجدول (1.1) إيجابيات و سلبيات مختلف مراحل التحولات الفيزيائية للمادة 15

الفصل الثاني

دراسة إحصائية عن استهلاك الطاقة للمحطات

- الجدول (1.2) أنواع مكيفات الهواء 30

- الجدول (2.2) تقييم لكثافة الاستهلاك 32

- الجدول (3.2) الاستهلاك السنوي (دج) وفقا لنوع BTS لكل ولاية 33

الفصل الثالث

تبريد المنشآت و التأثيرات المناخية

- الجدول (1.3) تقسيم المناطق المناخية في الجزائر 49

الفصل الرابع

إدراج الحلول بالنسبة للمأوى الحالي

- الجدول (1.4) خصائص الجدران الخارجية و السقف لمأوى الاتصال 53

- الجدول (2.4) حجم الشبكة 65

- الجدول (3.4) نتيجة التقارب عند التكرار 400 67

- الجدول (4.4) الخصائص الانتقائية للوحدة الكهروضوئية 85

86	تحويل متوسط الاستهلاك اليومي من الديزل إلى (واط ساعي)	الجدول (5.4)
87	استهلاك المراوح E_v بالواط ساعي	الجدول (6.4)
88	استهلاك أجهزة BTS	الجدول (7.4)
89	عدد البطاريات	الجدول (8.4)
90	عدد الوحدات الكهروضوئية	الجدول (9.4)

الفصل الخامس

دراسة متعددة المعايير لانتقاء الحلول المناسبة

119	عوامل مخطط التجارب	الجدول (1.5)
120	مخطط التجارب	الجدول (2.5)

قائمة الاختصارات

الوحدة	التسمية	الرمز
K	الهواء حرارة درجة	Ta
m/s	سرعة الرياح	Va
P _a	ضغط بخار الماء	Vp
	الرطوبة النسبية	RH
mm	معدل هطول الأمطار السنوي	P
K	متوسط درجة الحرارة السنوية	T
K	درجة الحرارة المرجعية	T _b
K	متوسط درجة الحرارة لكل ساعة	T _i
	عدد ساعات اليوم	N
kg/m ³	الكتلة الحجمية	P
J/kg .K	السعة الحرارية	Cp
W/m .K	الموصلية الحرارية	K
kg/m .s	الديناميكية اللزوجة	M
	الطاقة الكهربائية للمحطة	P _{cm}
W/m ²	الإشعاع الشمسي القياسي	G
	عامل الاقتران	F _m
	معامل درجة الحرارة للخلايا البلورية الأحادية	γ

K	المتوسط اليومي لدرجة الحرارة المحيطة خلال الفترات المشمسة	T_{moy}
K	درجة الحرارة المرجعية	T_r
Wh/m ²	متوسط الإشعاع اليومي	$\overline{H_{cp}}(\beta)$
	كفاءة المحول	η_{Ond}
Wc	الطاقة الكهربائية للوحدة الكهروضوئية	P_{cm}
	عدد الوحدات الكهروضوئية	N_m
Wh	الطاقة المنتجة من مولد الديزل	E_{diesel}
KJ/L	الاستطاعة الحرارية الحجمية للديزل	PCI
L	حجم الديزل المستهلك	L
	مردود المولد الكهربائي	H
Ah	سعة تخزينية البطاريات	C_{acc}
Wh	كمية الطاقة التي تستهلكها الأجهزة خلال الفترة التي لا ينتج فيها المولد الكهروضوئي الطاقة	$Em(nuit)$
Wh	استهلاك المراوح للطاقة	E_v
V	الجهد الأعلى للشحن البطارية	V_{acc}
	كفاءة البطارية	η_{acc}
	نسبة تفريغ البطاريات	DM

Wh	الطاقة التي ينتجها نظام التخزين	\dot{E}
	عدد البطاريات	N_b
Ah	سعة البطارية	C_{bat}
W/m^2K	معامل الانتقال الحراري للجدران	U_{parois}
m	ارتفاع مأوى الاتصالات	H
	اتجاه مأوى الاتصالات	Ori
	اللون الخارجي للمبنى	C
Kw/m^2	كمية التبريد السنوي	COOL

المقدمة العامّة

المقدمة العامة

تعتبر الطاقة العنصر الأساسي في مختلف مجالات التنمية ، حيث عرف العالم تنامي في الطلب على الطاقة الأحفورية كما بينته مجلة (Statistical Review of World Energy 2020)

حيث بلغت نسبة استهلاك النفط 33 % من نسبة الاستهلاك العالمي للطاقة لسنة 2019 ، بينما تصل هذه النسبة في كل من ؛ الفحم بنسبة 27 % ؛ الغاز الطبيعي بنسبة 24 % ؛ الطاقة المتجددة بنسبة 5 % ؛ الطاقة النووية بنسبة 4 % و الطاقة الكهرومائية 7 % .

لقد أدى تنامي الطلب العالمي على الطاقة الأحفورية إلى تصاعد المشاكل الاقتصادية و البيئية، ذلك أن المخزون العالمي من الطاقة الناضبة قابل للنفاذ مقارنة باستخداماتها المتنوعة ، وحسب نفس المجلة فإن احتياطي مصادر الطاقة العالمي تصل إلى حوالي 50 سنة بالنسبة لكل من النفط و الغاز الطبيعي كما تصل في الفحم و اليورانيوم إلى حوالي 130 سنة .

كما أدى الاستهلاك الواسع للطاقة الأحفورية إلى زيادة إنبعاث غاز ثاني أوكسيد الكربون الذي انعكس بدوره على البيئة فتسبب في تلوث الهواء و الفيضانات و الجفاف و ذوبان الجليد... إلخ .

لتجنب هذه الآثار السلبية لاستخدامات الطاقة الأحفورية أدت إلى ضرورة التفكير في مصادر طاقة جديدة بحيث تكون مستدامة و صديقة للبيئة كالطاقة الشمسية و طاقة الرياح و الطاقة المائية هذا من ناحية و من ناحية أخرى ، إلى ضرورة ترشيد استهلاك الطاقة و استخدام تقنيات تسهم في التقليل من استهلاك الطاقة كالعزل الحراري في البنايات.

في المناطق الحارة تنمو الحاجة إلى التبريد لتلبية المتطلبات الحرارية في المباني والبنية التحتية الصناعية ، بحيث يحتاج تبريد الأماكن بواسطة مكيفات الهواء استهلاكًا عاليًا للطاقة مما يتطلب تكامل عدة تقنيات لتقليل هذه النفقات، و في السياق ذاته فإن هذه الدراسة تتكبد على تصميم نظام سلبي يساهم في التقليل من الحرارة الداخلية لمحطة هاتف في منطقة معزولة لا تتوفر على شبكة الكهرباء العمومية، بحيث يضمن هذا النظام -على مدار السنة- توفير درجة حرارة داخل مأوى الاتصالات يتناسب و الأداء الأمثل للأجهزة المستخدمة. و بصورة أدق تستند هذا الدراسة من جهة إلى الحد من تدفق الحرارة الخارجية و الداخلية عن طريق الحماية والعوازل الأكثر كفاءة، ومن ناحية أخرى إلى دمج أنظمة التبريد السلبية، بحيث يتم تزويد محطات الهاتف المعزولة بالكهرباء عن طريق الألواح الشمسية بمساعدة بطاريات تخزين الطاقة، بدلا من مولدات الطاقة لارتفاع تكلفتها .

بشكل عام، يتم استخدام العديد من التقنيات مثل استخدام التهوية بالطاقة الشمسية والمبادل الحراري الهوائي- الأرضي، و لدمج هذه التقنيات مع نظام تزويد المحطة بالطاقة عن طريق الألواح الكهروضوئية يتطلب الترشيح والتحكم الجيد في إدارة الطاقة من أجل تطوير أداة لتحسين التحكم في التكلفة والأداء الأمثل للتشغيل المطول للمحطة.

يحتوي العمل المقدم في هذه المذكرة على خمسة فصول مسبقة بمقدمة ومنتهاية بخاتمة.

يعرض الفصل الأول الوصف العام لتكنولوجيا الاتصال، بحيث تعرضنا في هذا الفصل للمحة تاريخية حول تكنولوجيا الاتصال ،ثم تطرقنا لشبكة الاتصالات الجزائرية وما يتعلق بها من حيث التقنية أو من ناحية تكييف الهواء وتأثيرها بالعوامل المناخية، وفي نهاية هذا الفصل تعرضنا للدراسات السابقة حول موضوع البحث

تم تخصيص الفصل الثاني لدراسة إحصائية عن المناخ واستهلاك الطاقة للمحطات، قمنا بإعطاء نظرة إحصائية حول استهلاك الطاقة لمحطات BTS و توزيعها الجغرافي في الجنوب الجزائري، و أهم العوامل في اختيار مواقعها.

يقدم الفصل الثالث تقسيم المناطق الجغرافية حسب التأثيرات المناخية، حيث تطرقنا لمفهوم الراحة الحرارية ثم لتقسيم المناطق حسب التأثيرات المناخية، لنخلص في الأخير إلى اقتراح تقسيم للمناطق يتناسب مع إشكالية البحث.

أما بالنسبة للفصل الرابع فقد تم تخصيصه لإدراج الحلول المناسبة، بحيث تم إدراج حلين بالنسبة للمأوى الحالي هما ، إضافة العوازل و إضافة مبادل حراري هوائي أرضي للمأوى الحالي و القيام بالمحاكاة العددية و عرض النتائج و تحليلها، ثم قمنا بإجراء دراسة لتحديد حجم وقدرة محطة اتصال معزولة تعمل بالطاقة الشمسية، بحيث يتم دمج المأوى مع مبادل حراري هوائي أرضي ليحل محل المكيفات الهوائية.

ثم بعد ذلك في الفصل الخامس قمنا بعرض لدراسة متعددة المعايير لتصميم مأوى جديد يتناسب و المنطقة المناخية التي يتواجد بها، و ذلك بعرض مخطط للتجارب يسمح في الدراسات اللاحقة لانتقاء أفضل الحلول.

اكتملت هذه الرسالة بخاتمة عامة.

الفصل الأول

الفصل الأول

الوصف العام لتكنولوجيا الاتصال

1.1- المقدمة:

عرفت تكنولوجيا الاتصال تطورات كبيرة في نهاية القرن الماضي و بداية القرن الحالي، مما أدى إلى ظهور بعض الإشكالات كتزويد محطات الاتصال بالطاقة خاصة في المناطق المعزولة، و ارتفاع درجة الحرارة داخل مأوى الاتصالات خصوصا في فصل الصيف ، مما يؤثر سلبا على المعدات و أدائها .

في هذا الفصل سنقوم بإعطاء لمحة تاريخية حول تكنولوجيا الاتصال ،ثم نتطرق لشبكة الاتصالات الجزائرية وما يتعلق بها من حيث التقنية أو من ناحية تكييف الهواء وتأثرها بالعوامل المناخية، وفي النهاية تعرضنا للدراسات السابقة حول موضع البحث .

2.1 نظرة تاريخية :

لقرون عدة كان يعتبر الكلام أو الكتابة الوسيلة الوحيدة للاتصال بين شخصين بعيدين عن بعضهما حيث يتم ذلك بإرسال رسول لنقل الكلام أو حمل رسالة مكتوبة للطرف المرسل إليه [1].

في عام 1876 ، تمكن غراهام بيل من نقل الصوت بفضل زوج من أسلاك توصيل بين جهازين و اعتبر أول من اخترع الهاتف.

في عام 1887 ، اكتشف هاينريش هيرتز موجات الراديو.

في عام 1896 ، في بولونيا غولييلمو ماركوني Guglielmo Marconi يدرك أول انتقال لاسلكي.

في عام 1901 قدم أول ارتباط لاسلكي عبر المحيط الأطلسي بين كورنوال و نوف.

منذ بداية القرن العشرين، تم تجهيز أجهزة الشرطة بوسائل الاتصال الراديو.

في أوائل الخمسينيات في الولايات المتحدة ، تقدم شركة Bell Telephone خدمات الهاتف اللاسلكي لمستخدميها.

1971: تقدم شركة Bell Telephone مفهوم الخلية في الشبكة. بحيث يكون أول تطبيق لها في شيكاغو في عام 1978 على نظام "خدمة الهاتف المحمول المتقدمة" « Advanced Mobile Phone Service » الذي لا يزال يعمل هناك. ثم بعد ذلك أصبح التغيير في التحكم ديناميكياً لدعم المتلقي من خلال أجهزة إرسال مختلفة، قابلة للتحقيق حسب المنطقة، أو الخلية.

في عام 1982 تم توحيد " خدمة الهاتف المحمول المتقدمة " لجميع أنحاء أمريكا الشمالية (IS54 / IS95).

في عام 1987، تبنت أوروبا معياراً أوروبياً لوضع حد لنشوب شبكات الهاتف اللاسلكي. الخيارات الفنية الثابتة هي:

*النقل الرقمي.

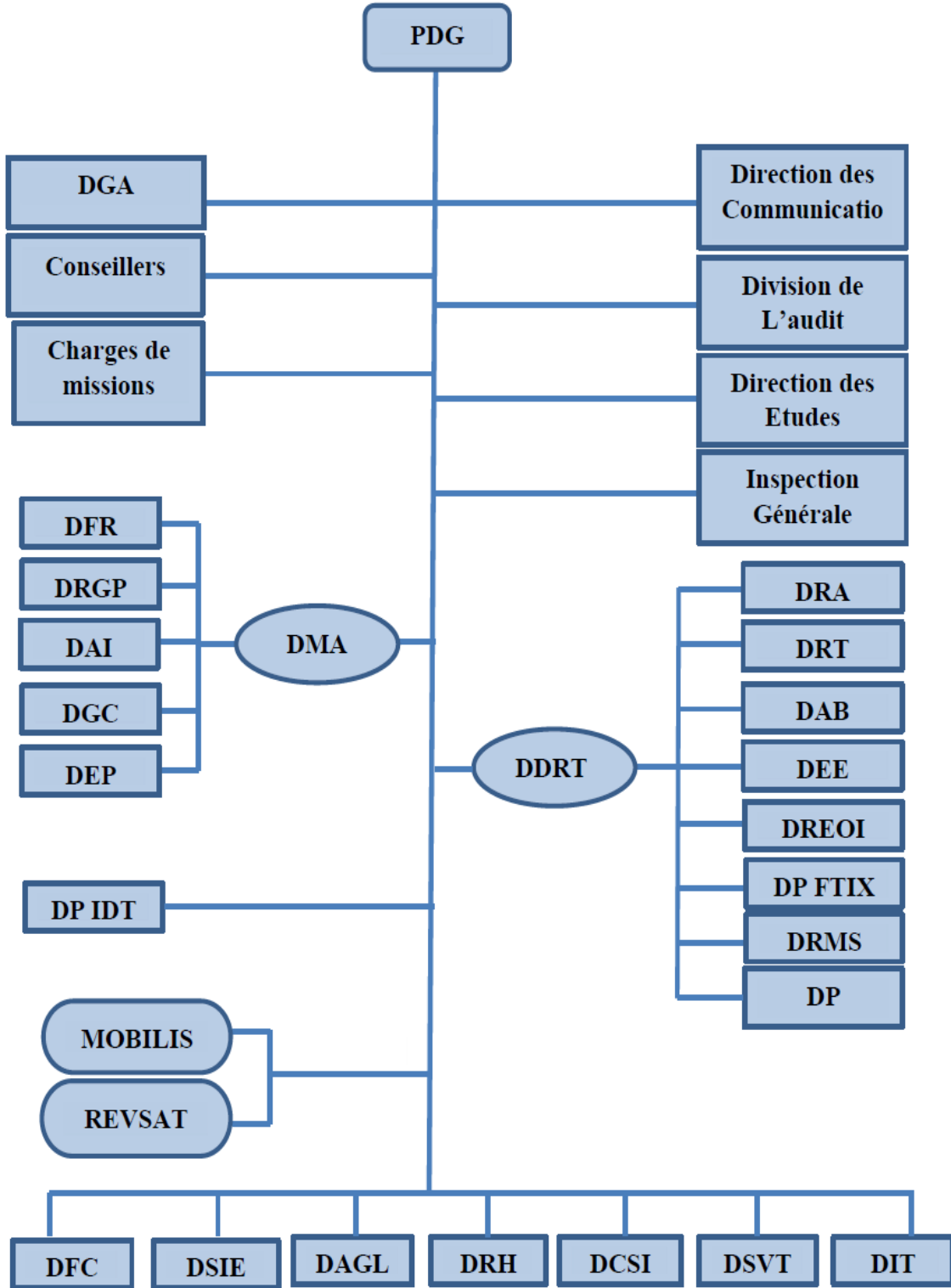
*قنوات الراديو متعددة الإرسال.

*تشفير المعلومات على قناة الراديو.

* قانون جديد بشأن ترميز الكلام بمعدل منخفض مقارنة بالقوانين المعمول بها

3.1 تنظيم مؤسسة الاتصالات الجزائرية:

الجزائر للاتصالات منظمة في المديرية المركزية والإقليمية والتشغيلية لولاية حول خطوط أعمالها الثابتة والخدمات ووظائف دعم الشبكة، بالإضافة إلى هذا الهيكل ، هناك شركة فرعية للهاتف المحمول (ATM MOBILIS) وشركتان فرعيتان أخريان ، واحدة مسؤولة عن الإنترنت (ATI DJAWEB) والآخر للاتصالات الفضائية (ATS REVSAT).



الشكل (1.1): الهيكل التنظيمي لمؤسسة اتصالات الجزائرية.

4.1 أنشطة شركة الاتصالات الجزائرية :

النشاط الرئيسي لشركة اتصالات الجزائر هو:

◀ توفير خدمات الاتصالات لنقل وتبادل الصوت والرسائل المكتوبة والبيانات الرقمية والمعلومات السمعية والبصرية.

◀ تطوير وتشغيل وإدارة شبكات الاتصالات العامة والخاصة.

◀ إنشاء وتشغيل وإدارة التوصيلات البينية مع جميع مشغلي الشبكات. [2]

كجزء من تعزيز وتنويع أنشطتها ، طبقت شركة اتصالات الجزائر خطة لتقسيم

أنشطتها المتنقلة والفضائية ، مما نتج عنها تحول إلى مجموعة ترتبط بها ثلاث شركات:

◀ شركة اتصالات الجزائر للصراف الآلي (موبيليس) شركة مساهمة برأسمال قدره

100000000 دج ، للهاتف المحمول.

◀ شركة الجزائر للاتصالات الفضائية (ATS (VSAT ، شركة مساهمة برأس مالها

1000000000 دج ، لشبكة الأقمار الصناعية.

◀ اتصالات الجزائر للانترنت ATI، لشبكة الإنترنت FAWRI, ADSL DJAWEB.

5.1 شبكة الاتصالات الجزائرية :

1.5.1 الشبكة التجارية :

منذ إنشاء شركة اتصالات الجزائر، تم تعزيز الشبكة التجارية من سنة إلى أخرى للوصول

إلى العملاء، ففي عام 2017 وصل عدد الوكالات للاتصالات التجارية (ACTEL) إلى

231 مقابل 225 فرعاً في عام 2005، و 240 نقطة وجود تجاري، و 49414 كشكاً

خدمات متعددة [3]

2.5.1 شبكة النقل

تحتوي شبكة بيانات حزم البيانات X25 العامة (DZPAC) الخاصة بـ AT على 7600

وصول ؛ يشتمل العمود الفقري الوطني للإرسال AT على 10 جيجابايت / ثانية و 2.5

جيجابايت / ثانية و 80 جيجابايت / ثانية قيد التقدم ؛ شبكة الراديو الريفية: 103 شبكات

تضم أكثر من 1500 موقع و 961 بلدية (APC) متصلة بالألياف البصرية.[3]

3.5.1 الشبكة الدولية:

روابط غواصة من الألياف البصرية التي تربط الجزائر بشبكة الاتصالات العالمية ALPAL II + SEA ME IV ، وصلة غواصة من الألياف البصرية بالخط البحري أورفال ، التي تربط الجزائر (وهران) بإسبانيا (فالنسيا) ، سعة 20 تيرابايت / ثانية [3]

6.1 عرض لمعيار GSM

GSM هو أول معيار رقمي للهواتف الخلوية من الجيل الثاني ، وهو المعيار العالمي لأنظمة الراديو المحمولة، مع وجود أكثر من 400 مليون مستخدم في جميع أنحاء العالم بحلول نهاية عام 2000، أي نصف إجمالي عدد مستخدمي الهواتف المحمولة، توفر شبكة GSM للمشاركين خدمات تمكن من الاتصال بالهاتف المحمول من محطة إلى محطة من خلال الشبكة، الاتصالات الهاتفية هي أهم الخدمات المقدمة، بحيث تتيح هذه الشبكة الاتصال بين محطتين متنقلتين أو بين محطة متنقلة و أخرى ثابتة، بقية الخدمات الأخرى المقدمة هي نقل البيانات بتدفق منخفض ونقل الرسائل الأبجدية الرقمية القصيرة [2].

7.1 بنية شبكة GSM

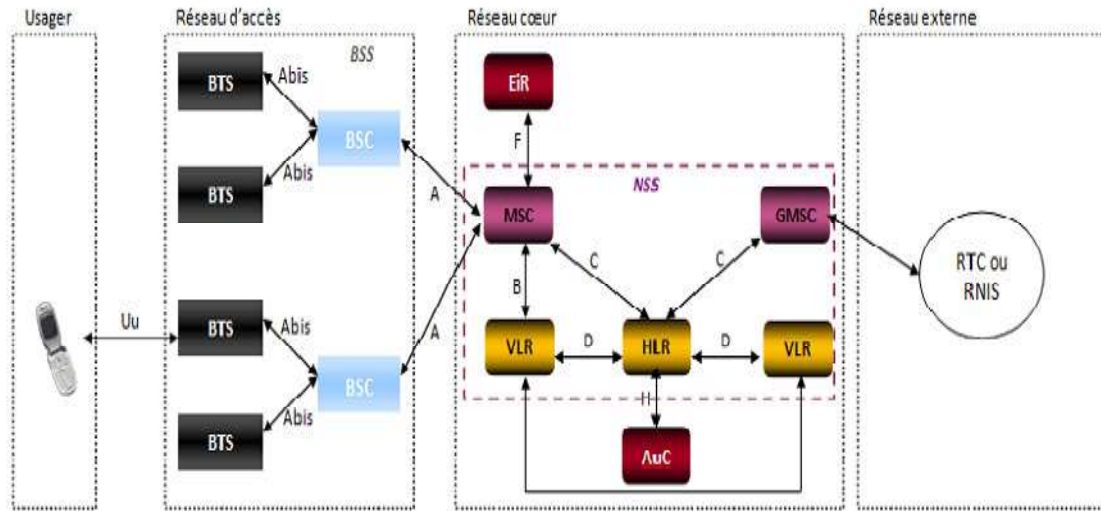
تتكون البنية الأساسية لنظام GSM من أربعة أنظمة فرعية رئيسية (الشكل 2.1) لكل منها عدد من الوحدات الوظيفية ومتصلة بالأخرى من خلال واجهات قياسية سيتم وصفها لاحقاً، تتألف النظم الفرعية الرئيسية لشبكة GSM من [1]:

محطة متنقلة MS

نظام الراديو الفرعي BSS

النظام الفرعي لشبكة NSS

نظام التشغيل الفرعي OSS



الشكل (2.1): بنية GSM [4]

1.7.1 نظام الراديو (BSS) :

إنها شبكة الوصول اللاسلكي التي توفر البث اللاسلكي وتدير الموارد اللاسلكية، بحيث يحتوي على المحطة الأساسية BTS التي توفر التغطية الخليوية للراديو ، ووحدة التحكم في المحطة الأساسية (BSC) التي تشرف على محطة قاعدية واحدة أو أكثر وتعمل كجسر بين المحطات الأساسية و مركز الاتصالات لخدمة المحمول MSC.

2.7.1 محطة القاعدة (BTS) :

BTS هي مجموعة من أجهزة الإرسال والاستقبال، وتقوم أيضًا بإجراء قياسات لاسلكية للتحقق من أن الاتصالات تتم بطريقة جيدة، بحيث تقييم المسافة وقوة الإشارة التي يرسلها الطرف المشترك هذه القياسات تتم بطريقة مباشرة.

3.7.1 تحكم المحطة الأساسية (BSC) :

يدير مجموعة من المحطات الأساسية BTS ويتواصل معهم عبر واجهة ذكية (Abis) من BSS بحيث يتحكم في تخصيص قنوات الاتصال و يستخدم القياسات التي أجراها BTS للتحكم في صلاحيات الإرسال للهاتف المحمول و يتخذ قرار تنفيذ الاتصال.

4.7.1 نظام الشبكة (NSS) :

يسمى نظام التوجيه الفرعي NSS أو SMSS (التحويل و الإدارة للنظام الفرعي) الذي يشمل جميع الوظائف المطلوبة لإعداد المكالمات وإدارة الاتصالات، بحيث أن NSS هي الشبكة الأساسية لنظام GSM، الذي تتألف من:

- ◀ مركز التحويل للهاتف المحمول (MSC). Mobile Switching Center.
- ◀ سجل زوار الموقع (VLR). Visitor Location Register.
- ◀ الصفحة الرئيسية لتسجيل الموقع (HLR) Home Location Register
- ◀ سجل هوية المعدات (EIR). Equipment Identity Register.

5.7.1 النظام الفرعي للعمليات والصيانة (OSS) :

يستخدم OSS لإدارة شبكة المستخدم وفقاً لمعيار GSM 12.00 ، بحيث يحتوي OSS على مستويين:

- مركز العمليات والصيانة (OMC) (Operations and Maintenance Centr).
 - المركز الوطني لإدارة الشبكات (NMC) Network Management Centre.
- يسمح NMC بالإدارة العامة لشبكة المستخدم بالكامل من خلال التحكم المركزي. توفر OMC الإشراف على المعدات المحلية (VLR / MSC / BSC) وتحويلها إلى NMC الرئيسية على شبكة الاتصال. تتكون منظمة التجارة العالمية من (OMC-Radio) OMC-R التي تشرف على النظام الفرعي للراديو و (OMC-System) WTO-Ss التي تشرف على النظام الفرعي للشبكة.

6.7.1 المحطة المتنقلة (MS):

تتكون محطة الهاتف المحمول من الهاتف المحمول نفسه ولكن أيضاً بطاقة تسمى بطاقة SIM، وهي ضرورية للوصول إلى الشبكة بحيث تحتوي هذه البطاقة على معالج دقيق ، على المعلومات الشخصية للمشارك التي تمكن هذا الأخير، عن طريق إدخال بطاقة SIM

في أي هاتف محمول لاستقبال المكالمات ومنحه الوصول إلى جميع الخدمات التي اشترك بها، بحيث يكون الهاتف المحمول والمستخدم مستقلان تمامًا. [5]

يتم التعرف على الهاتف المحمول من خلال رقم IMEI الذي يوفر معلومات عن نوع الجهاز وهوية الشركة المصنعة والرقم التسلسلي.

تحتوي بطاقة SIM على رقم IMSI ، ولكن تحتوي أيضًا على مفتاح سري للأمان ، فضلاً عن معلومات أخرى، أرقام IMEI و IMSI مستقلة ، مما يسمح بفصل الهاتف المحمول والمستخدم، بالإضافة إلى ذلك تحمي بطاقة SIM المشترك من الاتصالات الاحتيالية عن طريق إدخال رقم هوية شخصي (PIN) عند الوصول إلى الشبكة.

8.1 المأوى :

1.8.1 وصف المأوى :

يمكن استخدام المأوى مع معدات الاتصالات السلكية واللاسلكية ، بحيث يستخدم في جميع أنحاء العالم و يتأقلم مع الظروف المناخية المحيطة به، يعتبر حلاً مثالياً فيما يتعلق بتكلفته وكفاءته وسرعة تثبيته، بحيث يتم بناء المأوى عادة من إطار من الصلب المجلفن (galvanisé)، وهو يتكون من السقف والجدران والرفوف، كل هذه الأجزاء مصنوعة من صفحتين، بالإضافة إلى أنه محمي من أي تسرب للمطر بسقف ثانٍ للنوع الاستوائي.

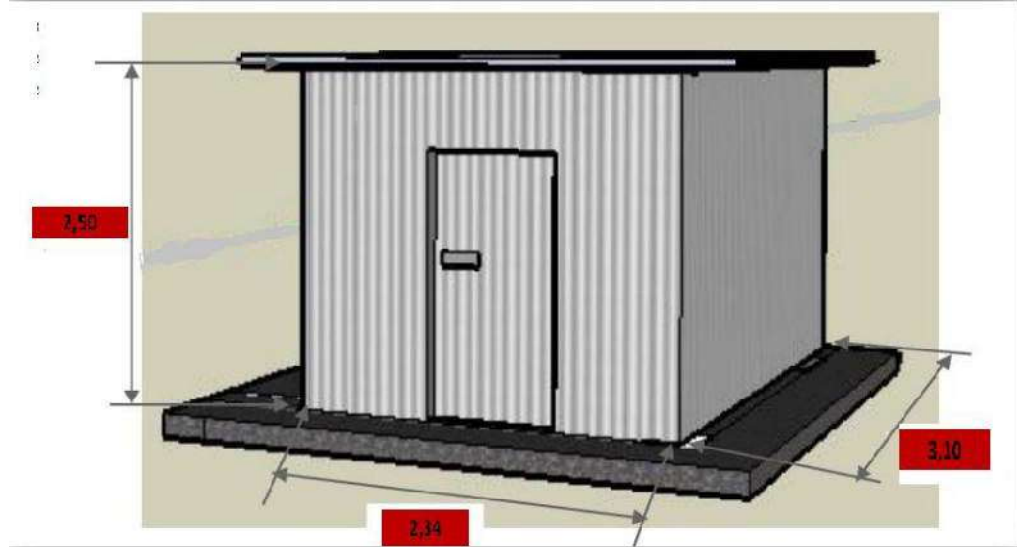
فيما يتعلق بالتثبيت الداخلي للمعدات، يكون الجو حارًا جدًا بدون وجود نوافذ للتهوية على طول الجدران هذا يضمن الإغلاق الجيد للوحدة، و لكن الحل الأمثل يكون بوضع نوافذ للتهوية إما على السقف أو على الأرضية و ذلك على حسب الظروف المناخية التي تحيط بكل مأوى، انظر الشكل (3.1). [6]



الشكل (3.1): مأوى الاتصالات السلكية و اللاسلكية .

2.8.1 خصائص المأوى:

يتكون من مجموعة الألواح العازلة (الألياف الزجاجية المضغوطة بين ألواح، تكون عادة مصنوعة من المعدن أو البلاستيك)، أو من ألواح معدنية مجهزة للتبديد الحرارة عن طريق الحمل الطبيعي للحرارة الناتجة عن المعدات، كما أنه مجهز بباب للدخول والخروج. تختلف أبعاد المأوى من مأوى لآخر ، نأخذ على سبيل المثال الأبعاد التالية : العرض 2.34 م، الطول 3.10 م، الارتفاع 2.50 م، تصل كتلة المأوى إلى 2800 كجم، كما يمكن تنصيب المأوى بسهولة عن طريق رافعة متحركة، بحيث يتم وضعه على قاعدة خرسانية يتم إعدادها من قبل، كما يمكنه تحمل رياحاً تصل سرعتها إلى 20 كم في الساعة على سطح الأرض، انظر الشكل (4.1) [6] .



الشكل (4.1): خصائص المأوى.

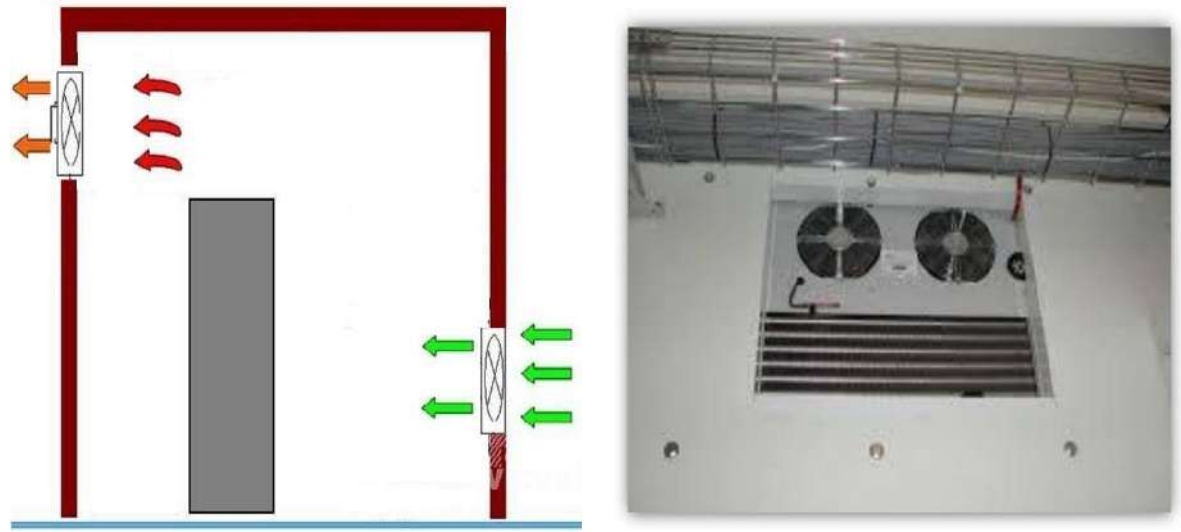
9.1 طرق التبريد المختلفة لملاجأ الاتصالات:

1.9.1 أنظمة التبريد النشطة:

1.1.9.1 التهوية بواسطة المراوح :

تعتبر التهوية بواسطة المراوح تقنية قديمة للتحكم في درجة الحرارة بداخل مأوى الاتصالات، يتم تشغيل هذه المراوح في معظم الحالات بالتيار المستمر القادم من البطاريات، بحيث تبقى درجة حرارة مأوى الاتصالات لها علاقة مباشرة بالوسط الخارجي عن طريق دوران الهواء من الخارج إلى الداخل.

يعد ارتفاع درجة حرارة الوسط الخارجي مع تسرب جزيئات الرمال القادمة من الخارج من أبرز سلبيات هذه التقنية بحيث يقلل من عمر المعدات، لذلك يعد هذا الخيار غير شائع اليوم، بينما يتم استخدام هذا الخيار في بعض الأحيان في أماكن إيواء البطاريات القريبة من الملاجئ المركزية، وذلك من أجل منع تراكم الهيدروجين الناتج عن البطاريات الموجودة داخل ملاجئ البطاريات [6].



الشكل (5.1): التهوية بواسطة المراوح.

2.1.9.1 التبريد بواسطة مكيف الهواء :

إنه جهاز أحادي الكتلة يتكون من جزأين، جزء لمعالجة الهواء وجزء ثانٍ لإنتاج البرودة، يمكن أن تكون هذه الوحدة عبارة عن خزانة تكييف أو مكيف هواء، و في بعض الحالات، يتم وضع جزء معالجة الهواء (المبخر) داخل مأوى الاتصالات وتسمى الوحدة الداخلية ويوضع جزء إنتاج البرودة خارج المأوى وتدعى الوحدة الخارجية.



الشكل (6.1): التبريد بواسطة مكيف الهواء.

2.9.1 أنظمة التبريد السلبية:

1.2.9.1 مواد تغيير الطور (MCP) Matériaux à changement de phase:

• التعريف:

التحول الفيزيائي للمادة من طور لآخر (MCP) هي أي مادة قادرة على تغيير الحالة الفيزيائية داخل نطاق مجال لدرجة حرارة معينة، يتراوح هذا المجال بين 10 درجات مئوية إلى 80 درجة مئوية، في هذا المجال يظل تغيير الطور السائد الانصهار أو التصلب، بحيث يمكن الوصول إلى درجة الحرارة هذه بشكل طبيعي وهي موجودة في المحيط الخارجي (درجة الحرارة المحيطة بالمنزل ، درجة حرارة جسم الإنسان ، الماء الساخن ، الخ). [7]

• الخصائص:

هناك أربعة أنواع من التحولات الفيزيائية للمادة: من الحالة الغازية إلى للحالة السائلة ، من الحالة الغازية إلى للحالة الصلبة ، من الحالة الصلبة إلى للحالة الصلبة و من الحالة الصلبة إلى للحالة السائلة ،

يستخدم عادة في قطاع الإنشاءات المتعلق بمجال الطاقة، التحول من الحالة الصلبة إلى للحالة السائلة لأن لديها مجال تبادل حراري عالي مقارنة بالتحول من الحالة الغازية إلى للحالة السائلة أو من الحالة الغازية إلى للحالة الصلبة، كما أنه يشترط في حجم التمدد أن يكون (>10%) أثناء التحول، و يتميز كل تحول من التحولات الفيزيائية للمادة بمزايا وعيوب على النحو المفصل في الجدول (1.1). [8]

الجدول (1.1) : إيجابيات و سلبيات مختلف مراحل التحولات الفيزيائية للمادة

السلبات	الإيجابيات	مرحلة التبادل
تغيير كبير في الحجم	قيمة كبيرة للحرارة الكامنة	من الحالة الغازية إلى للحالة السائلة
قيمة الحرارة الكامنة ضعيفة	تغير طفيف في الحجم لا تتشكل السوائل	من الحالة الصلبة إلى للحالة الصلبة
قيمة الحرارة الكامنة متوسط	تغير طفيف في الحجم	من الحالة الصلبة إلى للحالة السائلة

2.2.9.1 الغطاء النباتي:

تم زرع الكروم و النباتات في الجدران وأسطح المنازل من طرف الإنسان منذ زمن بعيد، كما يعرف ذلك عن الحدائق المعلقة ببابل، حيث أصبح اليوم دمج الغطاء النباتي في التصميم المعماري له أهمية كبيرة لدى المهندسين المعماريين، و ذلك باستغلال قدرة بعض النباتات في النمو عموديا أو حول مرفق ما ، لتشكل غطاء نباتي على طول الجدران والأسوار أو غيرها من الهياكل [8]. (انظر الشكل (7.1))

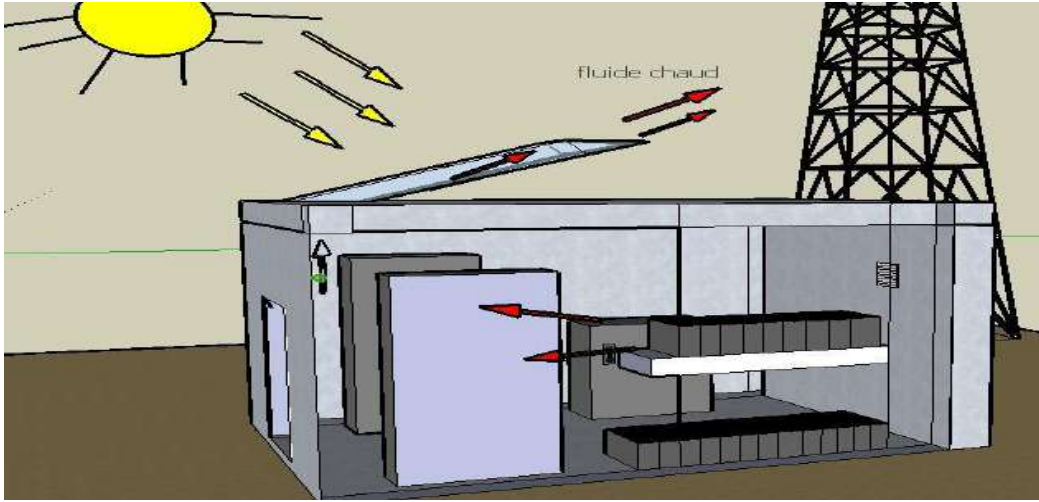


الشكل (7.1): تغطية المأوى بواسطة غطاء نباتي.

يسمح الغطاء النباتي بالتقليل من درجة الحرارة الخارجية المحيطة بالمأوى كما يقلل من تأثير موجات الحرارة، بحيث يعمل الغطاء النباتي المثبت حول الواجهة على التقليل من استهلاك الطاقة بحوالي 50 إلى 70% في التكييف.

3.2.9.1 المدخنة الشمسية :

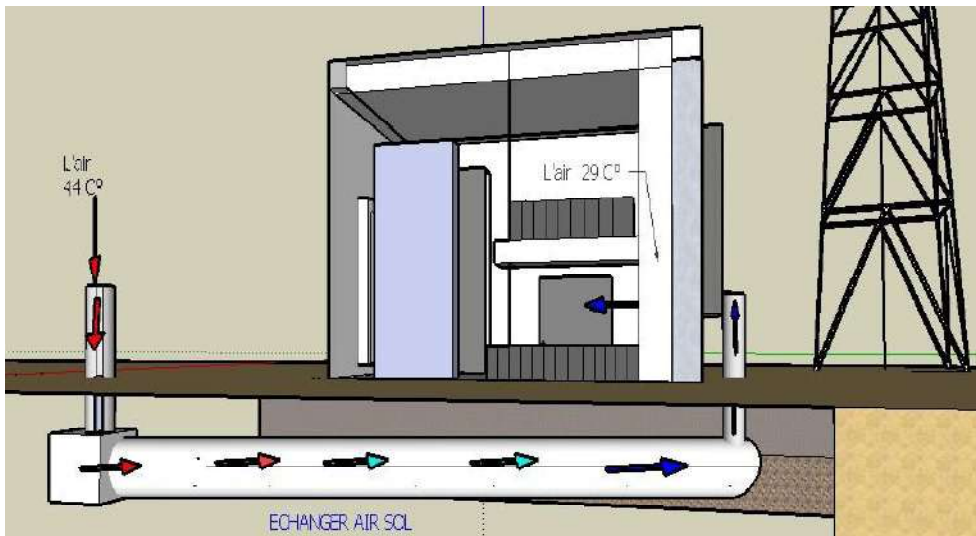
المدخنة الشمسية هي تصميم مناخي حيوي لتعزيز التهوية الطبيعية للمأوى، بحيث يتم طلي خطوط أنابيب المدخنة باللون الأسود لامتصاص أكبر قدر من الأشعة الشمسية، بحيث يتم تسخين جدار المدخنة مباشرة من الطاقة الشمسية مما يؤدي إلى زيادة درجة حرارة الهواء في الداخل، الأمر الذي سيدفع الهواء إلى الأعلى - نحو الخارج - بطريقة الحمل الحراري، مما يشجع على دخول هواء نقي و ذلك من خلال مبدأ إنحفاظ الكتلة (انظر الشكل (8.1) [10]).



الشكل (8.1): المدخنة الشمسية.

4.2.9.1 مبادل حراري هوائي أرضي :

إن ظاهرة التبريد عن طريق الطاقة الحرارية الأرضية عبر مبادل حراري هوائي أرضي (يطلق عليها اسم البئر الكندية)، تعتمد بشكل أساسي على أن درجة حرارة جوف الأرض في الصيف منخفضة و مستقرة مقارنة بالهواء الخارجي. تتمثل ميزة الآبار الكندية في قدرة ومقاومة (التربة) على تغيير درجة حرارة الهواء، بحيث يتم دفع الهواء من الخارج عبر أنبوب بعمق 1.5 متر مدفون تحت الأرض، ثم يخرج الهواء من الجزء السفلي عبر خط أنابيب ليدخل داخل المأوى بعد أن يفقد جزء من حرارته عن طريق التبادل الحراري [6]، كما تتأثر عملية التبادل الحراري بنوعية التربة و نوعية سريان الهواء داخل الأنبوب وسمك و مادة صنع الأنبوب انظر الشكل (9.1).



الشكل (9.1): مأوى مجهز بمبادل حراري هوائي أرضي.

• الإيجابيات:

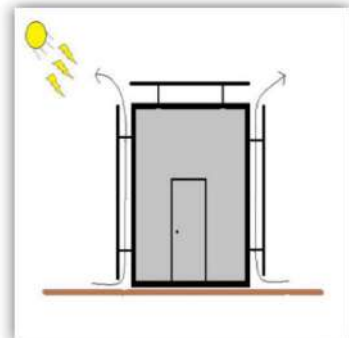
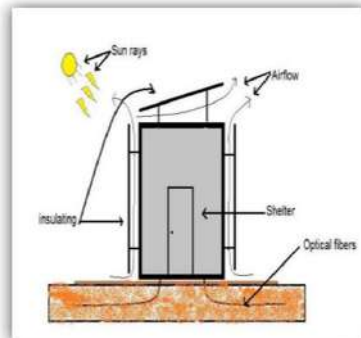
- دخول الهواء النقي
- يقلل من استهلاك الطاقة
- تكلفة المواد منخفضة جدا
- يقلل من الحاجة إلى تكييف الهواء

• السلبيات:

- قد يحضر الكائنات الحية الدقيقة أو غاز الرادون إلى الغرفة
- صيانة الأنابيب حساسة نسبيا.
- مساحة التثبيت كبيرة.

5.2.9.1 العزل الحراري للجدران الخارجية :

نقوم بتثبيت العازل حول جدران المأوى الخارجي من أجل خفض درجة الحرارة داخل المأوى ، حيث يتم تثبيت العازل على الأسطح الخارجية وترك مسافة معينة بين السطح والعازل ، وهذا الفضاء يسمح بحركة الهواء كمدخنة شمسية، وعزل المأوى عن أشعة الشمس المباشرة [11].



الشكل (10.1): العزل الحراري للجدران الخارجية.

10.1 العوامل المتعلقة بالظروف المناخية :

1.10.1 درجة حرارة الهواء المحيط :

تعتبر درجة حرارة الهواء ، أو درجة الحرارة المحيطة (Ta) معياراً أساسياً للراحة الحرارية، بحيث يتم تقييم التوازن الحراري على مستوى التبادلات الحرارية عن طريق الحمل والتوصيل في الغرفة، بصفة عامة تكون درجة حرارة الهواء غير متجانسة في مختلف نواحي الغرفة، وذلك بحسب قربها من الأسطح الباردة وأجهزة التسخين [12].

2.10.1 سرعة الهواء :

تعبّر عن حركة الهواء من مناطق الضغط العالي إلى مناطق الضغط المنخفض، بحيث تلعب سرعة الهواء دوراً كبيراً في عمليات التبادل الحراري، يظهر ذلك جلياً في التبادل الحراري عن طريق الحمل بين السطح الخارجي للجدران والهواء الخارجي.

3.10.1 رطوبة الهواء :

يمكن التعبير عن رطوبة الهواء بأنها ضغط بخار الماء في حجم هواء معين ، بحيث تؤثر رطوبة الهواء داخل المأوى على الأجهزة بشكل مباشر وغير مباشر، إلا أنه لا يوجد تأثير كبير لرطوبة الهواء عادة، لكن تأثيرها يكون كبير فقط عندما تكون مرتفعة للغاية أو منخفضة للغاية [13].

4.10.1 أشعة الشمس :

مدة شروق الشمس (أو مدة الإشعاع الشمسي) في الأرصاد الجوية، هي الوقت الذي يتعرض فيه المكان لأشعة الشمس، بحيث تصل درجة حرارة الهواء الخارجي إلى أقصى قيمة لها في منتصف فترة ما بعد الظهر، عندما تكون أشعة الشمس في أوجها متجهتها نحو الغروب، نلاحظ أن الجدران الشرقية والغربية تستقبل أكثر أشعة شمسية في فصل الصيف [13].

11.1 تصنيف المناطق المناخية في الجزائر:

تقع الجزائر بين خطي العرض 18 و 38 درجة شمالاً ، وبين خطي الطول 9 درجات غرباً و 12 خطاً شرقاً ، يمر خط غرينتش بالقرب من مدينة مستغانم). [14]

تم وضع التصنيف الأول في الجزائر للمناطق المناخية من قبل CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) في عام 1962 ، والذي يعد بمثابة أساس لحساب تصميم التدفئة أو تكييف الهواء، بينما يتيح التصنيف الثاني مراعاة البيانات المناخية الأكثر تمثيلاً للفترة مابين (1974-1984) بحيث تم تحديد المناطق المناخية في الجزائر بمزيد من الدقة، حيث تم تصنيف الجزائر إلى ثلاث مناطق [14].

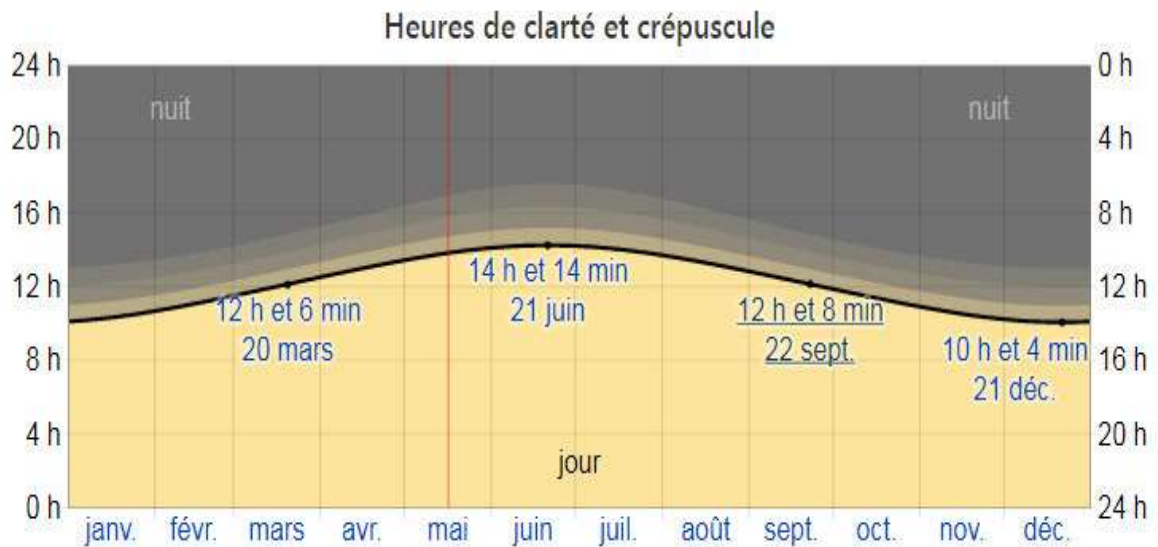
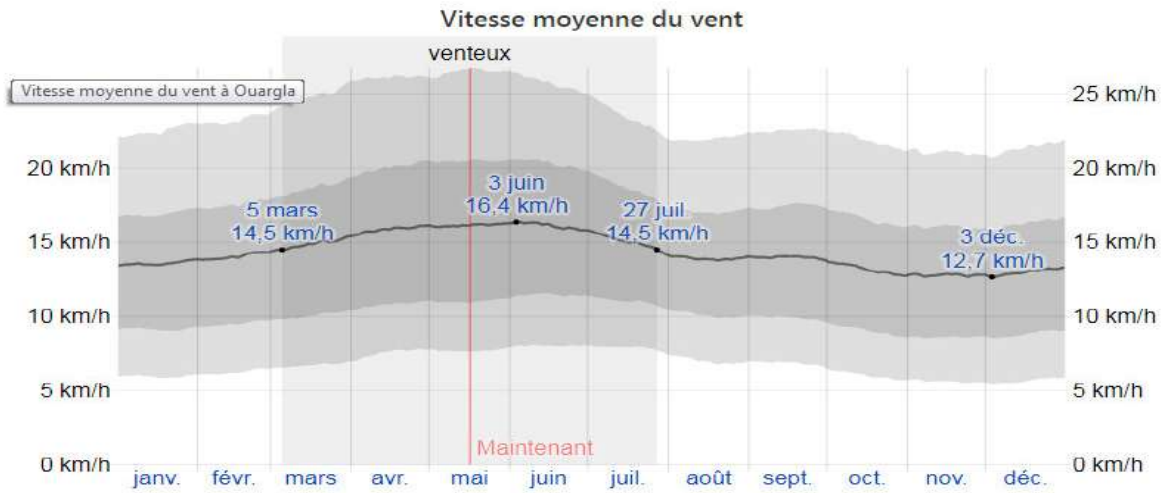
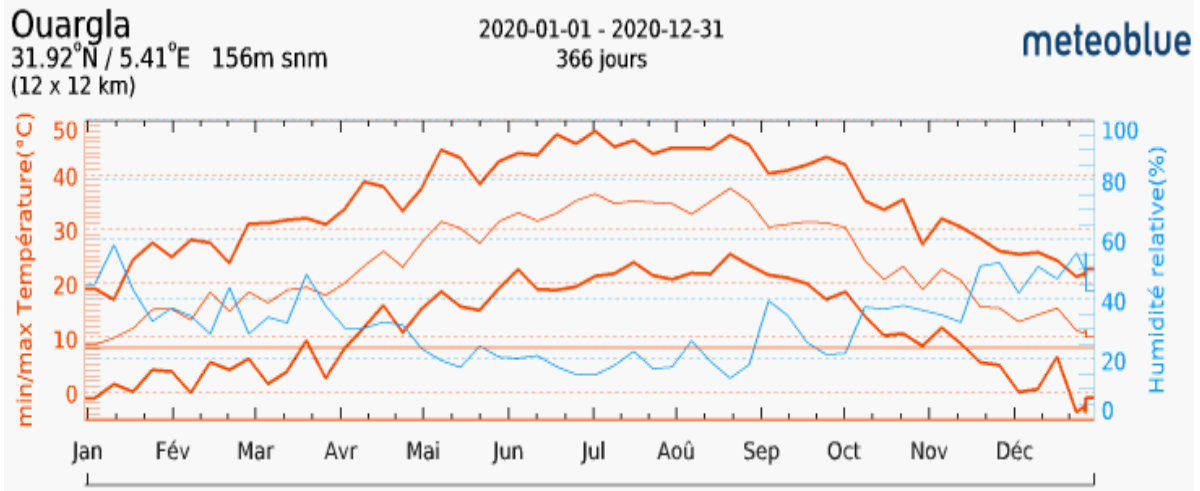
- المناخ المعتدل الرطب من نوع البحر الأبيض المتوسط ؛
- السهول العالية: المناخ القاري؛
- الصحراء: مناخ قاحل وجاف.

12.1 الخصائص المناخية لمنطقة ورقلة :

تقع ولاية ورقلة في الجنوب الشرقي من البلاد وتغطي مساحة قدرها 163.233 كيلومتر مربع ، وتقع في قاع حوض كبير في وادي ميا، تقع بين خطي عرض: 31° 56' شمالاً، و خطي طول: 5° 24' شرقاً، الارتفاع: 142 م.

تتميز ولاية ورقلة بالمناخ الصحراوي مع معدل تساقط أمطار منخفض والرياح القوية ودرجات الحرارة العالية و ارتفاع شدة التبخر.

و وفقاً للمكتب الوطني للقياس 2009، يبلغ متوسط درجات الحرارة الشهرية المسجلة في أكثر الشهور حرارة (يوليو) إلى 47 درجة مئوية، في حين أن أكثر الشهور برودة (يناير) هي 13.1 درجة مئوية يمكن ملاحظة الرياح الحارة والجافة تكون في أي وقت من السنة، بسرعة تصل إلى 13.1 م / ث، بينما تتراوح الرطوبة النسبية بين 15.5 إلى 52 % في حين أن التبخر يصل إلى 566.6 ملم [15].



الشكل (11.1) : تفسير بيانات المناخ لمنطقة ورقلة (2020). [15]

13.1 تحليل الدراسات السابقة

سنقوم بعرض بعض الأعمال البحثية المنجزة حول التبريد السلبي في ملجأ الاتصالات والمبادل الحراري الهوائي الأرضي.

- بوبكر نكار ، [16] في هذا العمل تم دمج نظام التبريد السلبي مع ملجأ الاتصالات للمحطة الأساسية (BTS) في مدينة ورقلة (جنوب الجزائر)، وذلك باستخدام مدخنة شمسية مع مبادل حراري هوائي أرضي، حيث تم تقديم استخدامات المدخنة الشمسية والمبادل الحراري الهوائي الأرضي للتخلص من الحرارة الداخلية غير المرغوب فيها في مأوى الاتصالات السلكية واللاسلكية، من أجل ذلك قام بالتحليلات النظرية للتحقيق من التبريد والتهوية بواسطة مدخنة شمسية مدمجة وقناة جوفية للهواء يعبر من خلالها قبل دخوله لمأوى الاتصالات ، بحيث يتم استخدام المدخنة الشمسية فقط لتبريد المأوى في فصل الشتاء ، بينما في فصل الصيف يتم دمج كل من المدخنة الشمسية و المبادل الحراري الهوائي الأرضي مع مأوى الاتصالات، و للتنبؤ بالأداء الحراري وتدفق السوائل في المدخنة الشمسية ثنائية الأبعاد والقناة المدفونة تحت الأرض قام بمحاكاة عددية ، أظهرت نتائجها بأن الزيادة في التدفق عند مدخل الملجأ ، كان يبرز تحسن ملحوظاً في جميع مناطق المأوى ، مما يدل على أن هذا التصميم لديه القدرة على توفير التكيف الهوائي المناسب للمأوى بدون استعمال مكيفات الهواء التقليدي.

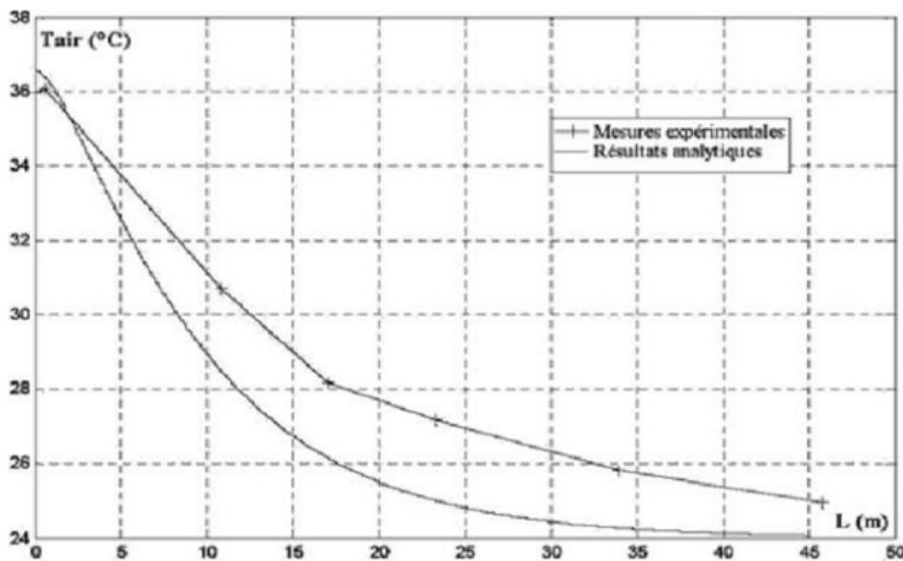
- نسرين هتراف، [17] الهدف الرئيسي من هذه الدراسة هو دراسة تقييم أداء المبادل الحراري الهوائي الأرضي، بحيث اعتمدت على دراسة تأثير خواص التربة والموقع وطبيعة القناة على تطور درجة حرارة الهواء على طول المبادل الحراري وعند المخرج، والتي يمكن أن تستغل في تكييف الهواء، و على حسب الاختلاف في درجة الحرارة الخارجية يتم تحديد الإمكانيات التي توفرها تقنية التبريد من خلال الطاقة الحرارية الأرضية لاستخدامها في مواقع مختلفة من حيث المناخ في الجزائر.

• صيفي نادية [18]، كان الهدف الرئيسي هو تطوير منهجية لإجراء دراسات لتصميم المباني ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة، بحيث تم الاعتماد على طريقة مخطط التجارب، و القيام بمحاكاة عددية على عدة نماذج مختلفة، و دراسة مدى تأثير كل من؛ المدخنة الشمسية ، ومبادل الحراري الهوائي الأرضي ، و الغطاء النباتي ، وشكل مخطط المبنى، و اتجاه المبنى، على أداء الطاقة والراحة الحرارية و استهلاك الطاقة للمبنى .

حيث أظهرت النتائج أن مورفولوجية المباني هي معيار أساسي في تصميم مشروع موثر للطاقة و له علاقة مباشرة بالمناخ المحيط بالمؤوى ، بحيث يقلل اختيار الشكل من استهلاك الطاقة في تكييف الهواء ، كما أن التحسين في الغلاف الخارجي له تأثيرًا كبيرًا على أداء الطاقة.

• ن.مومي، [19] . دراسة تدفق الهواء ونقل الحرارة من خلال مبادل حراري هوائي أرضي للتبريد، تم القيام بدراسة المبادلات الهوائية الأرضية بشكل تحليلي وتجريبي لتحديد الخصائص الرئيسية التي تؤثر على أداء هذا النظام .

أظهرت النتائج النظرية والتجريبية لتدفق قدره $121.52 \text{ م}^3/\text{ساعة}$ ، كما يوضح الشكل (12.1)، أن درجة حرارة المائع تستمر في الانخفاض مع الزيادة في طول المبادل الحراري، ويرجع الفرق بين النموذج النظري والنتائج التجريبية للافتراضات التي تم أخذها بعين الاعتبار وبشكل أساسي إلى القيم التقريبية للخصائص المادية لكل من الأنبوب و التربة.



الشكل (12.1): تغير درجة حرارة الهواء على طول المبادل الحراري [19]

• **غدامسي.ر [43]** نمذجة استهلاك الطاقة والتنبؤ به للمباني السكنية في الجزائر، بحيث تعتبر المباني هي المستهلك الرئيسي للطاقة كما أنها تؤدي إلى انبعاث غازات الاحتباس الحراري ، لذلك فإن التنبؤ باستهلاك الطاقة يعد أمر بالغ الأهمية ويساعد على التخطيط الجيد لرسم استراتيجيات طويلة المدى و تبني المبادرات الفعالة للحد من انبعاث الغازات الدفيئة والتحكم في استخدام الطاقة في قطاع البناء، في هذا العمل ، تم استخدام نموذج تدريجي لتوقعات استهلاك المباني السكنية للطاقة في الجزائرية حتى عام 2040، و لتقدير استهلاك الطاقة السنوي، تم تقسيم الجزائر إلى مناطق مناخية وفقاً للتكلفة السنوية لاستهلاك الطاقة اللازمة للتبريد والتدفئة في المباني السكنية، بحيث تم تقييم متطلبات التدفئة والتبريد السنوية للمباني في 48 محطة باستخدام طريقة درجة حرارة الأيام ، بعد ذلك تم استخدام تقنية نظام المعلومات الجغرافية (GIS) لإنشاء خرائط للمناطق المناخية، حساب استهلاك الطاقة للتدفئة والتبريد، حيث أظهرت النتائج زيادة الاستهلاك النهائي للطاقة من 73.23 تيراواط ساعة في عام 2008 إلى 179.78 تيراواط ساعة في عام 2040، بالإضافة إلى ذلك ، تم تقسيم المناطق المناخية إلى سبعة مناطق ، بحيث تستهلك المنطقة السابعة 73٪ من استهلاك الطاقة النهائية في الجزائر.

• **بلحية ح [26]** .المساهمة في تطوير تصميم بناء يتميز بالكفاءة في استخدام الطاقة . تطبيق على المناطق الجنوبية الجزائرية

يعد قطاع البناء أحد أكبر مستهلكي الطاقة ، حيث يستهلك 42٪ من إجمالي استهلاك الطاقة ، بحيث أدى التغيير المتزامن في احتياجات الطاقة للمستخدمين من أجل الحفاظ على راحتهم إلى استهلاك كبير للطاقة ، خاصة في فصل الصيف في المناطق القاحلة جنوب الجزائر (ورقلة نموذجا) ، ومن أجل الحد من هذا الاستهلاك ، كان من الضروري دراسة المعلومات الرئيسية لغللاف المبنى باستخدام طريقة تصميم التجارب (DOE).

الهدف من هذا العمل هو تطوير منهجية لإجراء دراسة تصميم للمباني ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة، حيث تتمثل المنهجية في تحديد نماذج متعددة الحدود لتقييم أداء الطاقة

والراحة الحرارية باستخدام طريقة تصميم التجارب وأدوات المحاكاة العددية؛ تتيح هذه النماذج متعددة الحدود تبسيط دراسة مختلف المعايير، مما يوفر استجابة بديلة لأدوات المحاكاة العددية للبحث عن حلول لتصميم المباني ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة. يمكن للمنهجية المطبقة على منزل نموذجي اعتبار الإعدادات الأكثر كفاءة من غيرها؛ و في غالب الأحيان ما تكون دراسة المبنى معقدة وتستغرق وقتاً طويلاً نظراً للعدد الكبير من المعلمات التي يجب مراعاتها، لذلك تم التركيز في هذه الدراسة على تقليل وقت الحساب وتحدد المعلمات الرئيسية لاستهلاك الطاقة في المبنى ، مثل مساحة البناء ، وعامل الشكل ، والاتجاه ، و سماكة الجدار... لتحسين احتياجات تكييف الهواء.

• **F. CHLELA [44].** تطوير منهجية تصميم للمباني ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة.

يعتبر قطاع البناء في فرنسا أكبر مستهلك للطاقة من بين القطاعات الاقتصادية ، حيث يحتوي على 43% من إجمالي الطاقة النهائية و 25% من انبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، لذلك فإنه من الضروري الحد من الآثار السلبية على البيئة من خلال تعزيز تشييد المباني الجديدة و تهيئة المباني القائمة ، وفقاً لمعايير المباني ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة.

الهدف من هذا العمل هو تطوير منهجية لإجراء دراسات لتصميم المباني ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة، هذه المنهجية تتمثل في تحديد نماذج متعددة الحدود لتقييم أداء الطاقة والراحة الحرارية الصيفية للمباني باستخدام طريقة تصميم التجارب وأدوات المحاكاة العددية، بحيث تتيح هذه النماذج متعددة الحدود تبسيط الدراسات المعيارية ، مما يوفر استجابة بديلة لأدوات المحاكاة العددية للبحث عن حلول لتصميم المباني ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة، المنهجية التي تم اقتراحها تجعل من الممكن وبطريقة بسيطة وسريعة، تحديد حلول لتصميم المباني ذات الاستهلاك المنخفض للطاقة، بحيث يتم اختيار الحلول بمساعدة المربعات المحددة بنماذج كثيرة الحدود المطورة، يمكن تقدير مستوى الدقة الملاحظ فيما

يتعلق بالمحاكاة العددية، بحيث يكون تحديد كل هذه التكوينات صعبًا تحقيقه باستخدام المحاكاة العددية ، ومن هنا تأتي ميزة هذه المنهجية التي تشكل أساسًا قويًا لتطوير أدوات دعم القرار المخصصة لمختلف العاملين في قطاع البناء لتصميم المباني الجديدة أو تهيئة المباني القائمة، وذلك وفقًا لمعايير المباني منخفضة الاستهلاك للطاقة.

14.1 الخاتمة :

التطورات التي حدثت في تكنولوجيا الاتصالات عبر التاريخ عرفت تطورًا كبيرًا أدى إلى ظهور إشكاليات رئيسية تتعلق أساسًا بتزويد محطات تقوية الاتصال بالطاقة، وتوفير البيئة الملائمة للأجهزة داخل هذه المحطات، و لضمان أداء أفضل و صلاحية استعمال أطول.

في هذا الفصل تم عرض التطور التاريخي لتكنولوجيا الاتصال و ما يتعلق بها من حيث التقنية أو من حيث الظروف المناخية المحيطة، و عرض بعض الدراسات التي لها ارتباط بموضوع المذكرة، على أن يتم في الفصل المولي عرض إحصائي لاستهلاك المحطات للطاقة ، الذي بدوره يبرز أهمية تطوير أنظمة تزويد محطات الاتصال بالطاقة.

الفصل الثاني

الفصل الثاني

دراسة إحصائية عن استهلاك الطاقة للمحطات

1.2 المقدمة:

إن التطورات الكبيرة في تكنولوجيا الاتصالات حولت العالم إلى قرية صغيرة، حيث أصبحت المعلومات تنتقل من قارة إلى أخرى؛ و في بداية القرن الحالي أحدث الهاتف ثورة في وسائل الاتصال، مما أتاح الفرصة للاتصال من مسافة طويلة على الرغم من البدايات الصعبة. هذا التقدم التكنولوجي في تصنيع المعدات الإلكترونية المستخدمة في محطات الهاتف لم يمنع من انبعاث كميات كبيرة من الحرارة من هذه الأجهزة مما أثار مشكلة كبيرة لتبريد الملاجئ في المحطات، بحيث يعد تكييف الهواء للمأوى بواسطة النظام التقليدي مكلفاً للغاية. في هذا الفصل سنقوم بعرض استهلاك الطاقة لمحطات BTS في جنوب شرق الجزائر؛ مع ملاحظة مدى تأثير الاستهلاك بالوسط الخارجي.

2.2 نظام المعلومات الجغرافية (مكونات برنامج Arc GIS) :

يسمح نظام المعلومات الجغرافية (GIS) للمستخدم بجمع وتحليل البيانات المكانية وتفسير التقارير، حيث تستخدم أنظمة نظام المعلومات الجغرافية المحوسبة منذ الستينيات وتطور استخدامها في ثلاثة أنواع مختلفة من التطبيقات؛ أولاً ، تم استخدام النظام لجمع البيانات الجغرافية وتنسيقها والوصول إليها تدريجياً ، و تم استخدام نظام المعلومات الجغرافية في كثير من الأحيان كأداة تحليلية تمثل العلاقات الرياضية بين البيانات المكانية ، مثل طبقات الخريطة ، والمعلومات المختلفة [20] . كان الاستخدام الأحدث هو تطبيق GIS كنظام لدعم اتخاذ القرار في أساليب تحليل القرار متعدد المعايير (ADMC)، وإقران برمجيات GIS وطرق تحسين ADMC [21].

نظام المعلومات الجغرافية هو أداة قوية تستخدم لرسم الخرائط الرقمية والتحليل المكاني، حيث يوفر GIS وظيفة لالتقاط وتحليل وعرض وإنتاج المعلومات الجغرافية، هذه المعلومات

تمكنا من الحصول على البيانات الجغرافية المرجعية ومعالجتها وتنظيمها وتقديمها على الرغم من أنه من المعتاد استخدام نظام المعلومات بشكل أساسي لإنتاج الخرائط والخطط الورقية ، إلا أنه يمكن أيضًا استخدام نظام المعلومات الجغرافية لإدارة مجموعة من البيانات المكانية ، وبالتالي فإن نظام المعلومات الجغرافية أداة إدارة بيانات كاملة ونظام يتضمن كلاً من [22]:

◀ البرنامج الذي يمكن استخدامه (ArcGIS ، QGIS ، MapInfo ، Gvsig ، وما إلى ذلك) ،

◀ البيانات التي سيتم استخدامها بواسطة نفس البرنامج (البيانات الحضرية ، بيانات الشبكة ، بيانات الطريق ، إلخ) ،

◀ أجهزة الكمبيوتر (السعة ، نظام التشغيل ، إلخ) .

◀ -المهارات الموضوعية (المستخدم و "الكفاءة" الموضوعية التي تحدد كيفية استخدام البرنامج) .

يوضح الشكل التالي مكونات نظام المعلومات الجغرافية:



الشكل (1.2): مكونات نظم المعلومات الجغرافية [23]

يعتبر مشروع نظام المعلومات الجغرافية بمثابة مجموعة من الأنشطة التي تم إطلاقها لاتخاذ قرار يتعلق بمشكلة ما، هذه المجموعة من الأنشطة تتم على مراحل مختلفة [24]:

- ◀ تحديد الأهداف فيما يتعلق بالمشكلة .
- ◀ تقييم الاحتياجات في الطبقات الموضوعية .
- ◀ تصميم قاعدة البيانات.
- ◀ جمع واكتساب البيانات
- ◀ دمج وهيكلية البيانات في قاعدة البيانات
- ◀ معالجة البيانات (الإدارة، السمة أو الاستعلامات المكانية)
- ◀ استرداد النتائج (الخرائط، الاستعلامات، الجداول، الرسوم البيانية)
- ◀ التفسير و القرار.

3.2 الخصائص و التوزيع الجغرافي لمحطات BTS في الجنوب الشرقي :

تتميز محطات BTS بعدة خصائص [25]:

- رقم محطة BTS: هذا هو رقم المحطة (للتمييز بين كل محطة)
- تحديد منطقة BTS: هذا هو اسم منطقة المحطة
- الموقع الجغرافي BTS: هو خط الطول و دائرة العرض للمحطة
- أنواع BTS: هناك نوعان من محطات BTS
- * BTS الصرح : و التي بنيت على الأرض (إذا كان مدعوم بمولد يسمى الصرح المعزول)
- * BTS السطح: وهي التي تتركب في أعلى سطوح البنايات
- مصدر الطاقة BTS: هناك نوعان من مصادر الطاقة لتزويد المحطات.

* مولد كهربائي

* الشبكة الكهربائية

- الطاقة الكهربائية: هناك اختلافات في الطاقة الكهربائية على حسب نوع BTS.

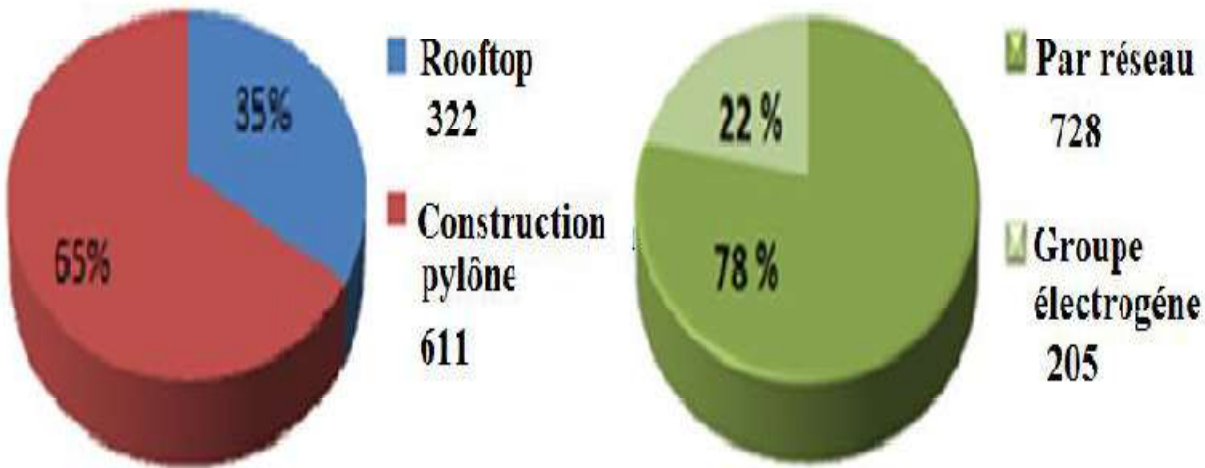
* نوع الجيل: هناك نوعان من الجيل للمنشآت، الجيل الثاني و الجيل الثالث.

* نوع المعدات: هناك نوعان من المعدات في المحطات ، Huawei؛ ZTE .

* - أنواع مكيفات الهواء: هناك ثلاثة أنواع من مكيفات الهواء المستخدمة في المحطات وتختلف على حسب قوتها، و الجدول (1.2) يوضح القدرة لكل نوع من هذه الأنواع.

الجدول(1.2): أنواع مكيفات الهواء

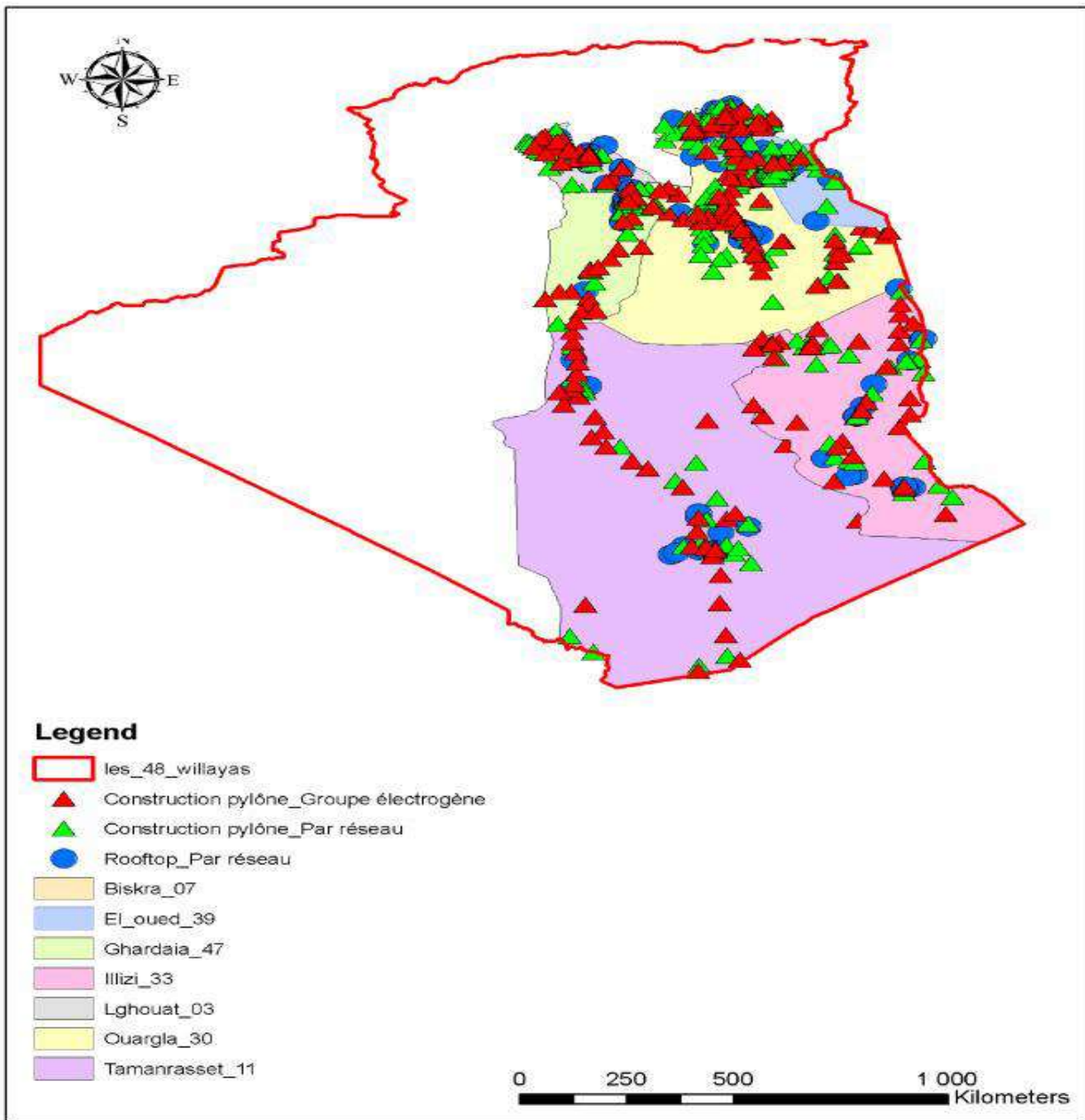
أنواع المكيفات	الطاقة (kw)
Megaheesito	9.37
Délonghi	14.65
Emerson	14.65



الشكل (2.2) : محطة BTS حسب نوع ومصدر الطاقة

4.2 التوزيع الجغرافي لمحطة BTS في الجنوب الشرقي :

يوضح الشكل (3.2) اختلافاً في عدد محطات BTS من ولاية لأخرى، بحيث يتميز التوزيع بعدد كبير من المحطات التي تتركز فيها المناطق المكتظة بالسكان هذا من ناحية، و من ناحية أخرى، فإن التركيز منخفض في المناطق الصناعية وعلى الطرق الوطنية، وبالتالي فإن عدد المحطات من نوع BTS الصرح أكبر من BTS السطح.



الشكل (3.2): التوزيع الجغرافي لمحطات BTS في المنطقة الجنوبية الشرقية الجزائرية

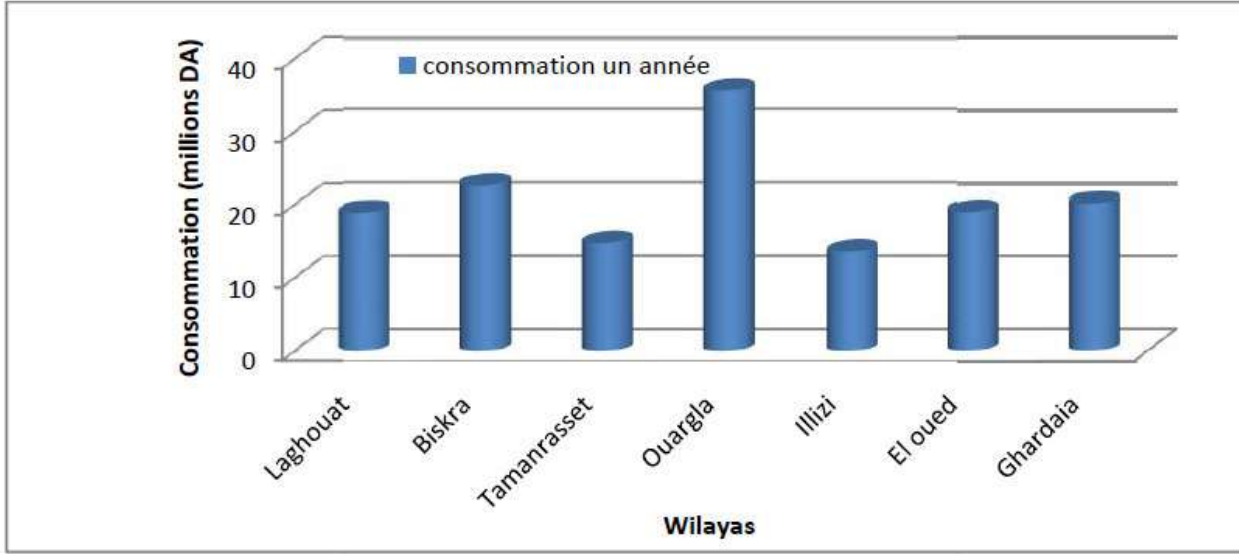
5.2 تقييم استهلاك الطاقة لمحطات BTS:

هناك اختلاف في استهلاك محطات BTS في الجنوب الشرقي، و الجدول التالي يبين كمية الطاقة المستهلكة في كل ولاية.

الجدول (2.2) : تقييم لكثافة الاستهلاك

الولاية	عدد BTS	الاستهلاك السنوي (دج)	عدد السكان / عدد BTS	عدد BTS / مساحة الولاية (كلم ²)	الاستهلاك السنوي / عدد BTS
الأغواط	121	18814823	4709	0,0048	155494
بسكرة	138	22581591	5991	0,0065	163634
تمنراست	116	14690488	1776	0,0002	126642
ورقلة	242	35381251	2645	0,0011	146203
إليزي	88	13500451	774	0,0003	153414
الواد	131	19028201	5766	0,0024	145253
غرداية	98	20146775	4178	0,0011	205579

يوضح الشكل (4.2) الفرق في استهلاك الطاقة السنوي لمأوى الاتصالات BTS بين مختلف ولايات الجنوب الشرقي ، نلاحظ أن ولاية ورقلة هي أكبر مستهلك و ولاية إليزي هي أصغر مستهلك للطاقة، أما بقية الولايات فتتراوح قيمتها بين هاتين القيمتين.



الشكل (4.2): استهلاك الطاقة السنوي لمأوى الاتصالات BTS لولايات الجنوب الشرقي

جدول (3.2): الاستهلاك السنوي (دج) وفقا لنوع BTS لكل ولاية

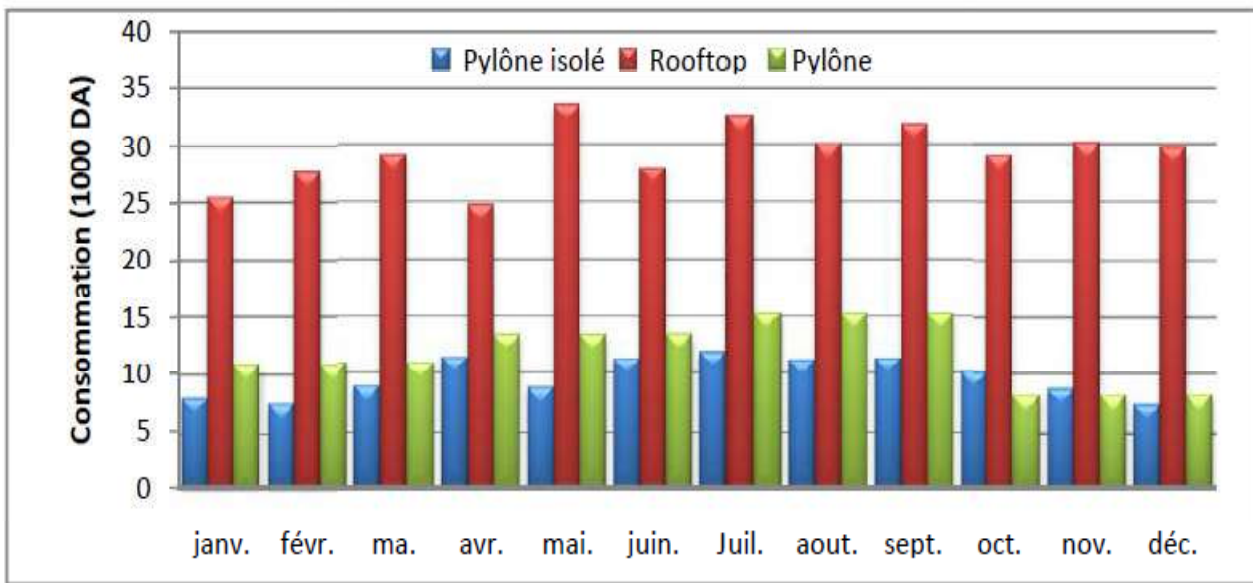
غرداية	الواد	إليزي	ورقلة	تمنراست	بسكرة	الأغواط	نوع BTS
4855847	9450496	4351498	16927711	5225649	11999106	8211683	BTS السطح
12048172	1253549	447389	12492974	4912740	6328954	6461957	BTS الصرح موصول بالشبكة
3242755	8324155	4675463	5960565	4552099	4253531	4141182	BTS الصرح موصول بمولد كهربائي

يوضح الشكل (5.2) استهلاك الطاقة لثلاثة أنواع من محطات BTS على حسب مصدر

توفير الطاقة، نلاحظ بأن هناك فرق في الطاقة التي تستهلكها محطات الصرح ذات مصادر طاقة

مختلفة، كما أن هناك فرق بين محطتي BTS السطح و BTS الصرح للأسباب التالية:

- تستهلك محطات السطح ما يقرب من ضعف محطات الصرح بسبب موقع BTS على السطح في المناطق المكتظة بالسكان.
- غالبًا ما يكون تركيز محطات الصرح على حدود الولايات حيث يكون حمل الاتصالات منخفضًا.
- محطات الصرح غالبًا ما تبقى معطلة لفترات طويلة.
- تعتمد احتياجات تبريد المأوى على كثافة الاتصالات الهاتفية.



الشكل (5.2) : استهلاك الطاقة ب (دج) حسب نوع مأوى الاتصالات

6.2 اختيار موقع محطة BTS :

يجب على مشغلي شبكات الجوال تنفيذ عدد كبير من مواقع البث لتغطية المنطقة حتى يتمكن المشتركون من إجراء مكالماتهم، و لتثبيت محطة BTS جديدة، يتم اختيار موقع المحطة وفقًا لشروط إنشاء الموقع:

- تعيين مكان جيد.

- تعيين ثلاثة مواقع في السطح لإنشاء البناء.

- تعيين نوع BTS (في وسط المدينة لا نقوم بتثبيت منصة BTS)

- تحديد الموقع الدقيق والتفاوض مع مالك الأرض.
- مراعاة الظروف و الشروط التقنية لتركيب المحطة.

7.2 الخاتمة:

يظهر لنا من خلال استعراض استهلاك الطاقة لمختلف أنواع محطات BTS عبر مختلف مناطق الجنوب الشرقي الجزائري، بأن استهلاك الطاقة سواء كان عن طريق تزويد المحطات بالشبكة الكهربائية أو عن طريق المولدات يعد استهلاكاً كبيراً على المدى المتوسط و الطويل، إضافة إلى تزايد الطلب على الطاقة وما له من تأثيرات سلبية على البيئة، و المنافسة الموجودة في مجال الاتصالات، كان لابد من التفكير في تزويد هذه المحطات بالطاقة المتجددة كالطاقة الشمسية مثلاً، و الأخذ بعين الاعتبار الموقع الجغرافي و التأثيرات المناخية المحيطة به.

الفصل الثالث

الفصل الثالث

تبريد المنشآت و التأثيرات المناخية

1.3 المقدمة:

نظرا لأهمية تأثير المناخ و علاقتها المباشرة بدرجة حرارة مأوى الاتصالات و مالها من أهمية في البحث لإيجاد الحلول المناسبة ، سنقوم في هذا الفصل بتقسيم المناطق الجغرافية حسب التأثيرات المناخية في مجال الراحة الحرارية المناسبة للمعدات داخل مأوى الاتصالات، تعتبر الراحة الحرارية من أهم الأشياء التي يجب التفكير فيها عندما يتعلق الأمر بالراحة في مأوى الاتصالات لتوفير البيئة المناسبة للمعدات خلال مختلف فصول السنة وفي جميع المناطق رغم الاختلافات المناخية، بحيث إذا تم توفير البيئة المناسبة للمعدات المستخدمة يسمح لها بالأداء الأمثل و يضمن لها مدة صلاحية أطول، تم التعبير عن الراحة الحرارية خاصة في المباني التي يشغلها الإنسان من خلال تكييف البيئة الحرارية للمباني، و سنقوم في هذا الفصل باستخدام التعاريف و المعايير المستخدمة في مجال الراحة الحرارية في المباني التي يشغلها الإنسان مع مراعاة الفرق بينها و بين مأوى الاتصالات.

في كثير من الأحيان لا تأخذ نماذج مأوى الاتصالات التي تم إنتاجها خلال العقود الماضية في الاعتبار الخصائص المناخية للمناطق، في هذا الفصل سوف نقدم مفهوم الراحة الحرارية في مأوى الاتصالات ونحدد العوامل المختلفة التي تساهم فيها.

2.3 الراحة داخل المباني:

تتأثر الراحة الشخصية بالعوامل المناخية التي تؤثر على المباني والعوامل الأخرى التي تؤثر بشكل مباشر على مستخدميها، يتعلق الأمر أولاً بدرجة الحرارة والرطوبة وتدفق الهواء، والضوضاء، والإضاءة، والروائح، وما إلى ذلك، وبالنسبة لمستخدمي المبنى يظل مفهوم الراحة أوسع ولا يمكن حصره في الظروف المادية الوحيدة التي تحدد الراحة الحرارية (درجة الحرارة ، الرطوبة ،... إلخ)، كما تتضمن هذه الفكرة أيضاً الظروف الجمالية والنفسية (جودة الإضاءة ،

المساحات الخضراء ، المناظر الطبيعية ، الأمان ،... إلخ)، كما أن شروط الراحة ليست ثابتة في الزمان والمكان، فهي تختلف اجتماعياً (حسب مستوى المعيشة والطبقة)، و جغرافياً (حسب المنطقة) وتاريخياً (حسب الفترة)، لذا فبدلاً من أن تكون قيمة أساسية، فإن الراحة هي بناء ثقافي يتم تطويره وتحويله حسب القيم السائدة و الثقافة التي تأثر فيه.

يتم تحديد نوعية المعيشة في المبنى بشكل رئيسي من خلال العوامل الرئيسية مثل: الراحة الحرارية والراحة البصرية والراحة الصوتية والراحة الداخلية بجودة الهواء وما إلى ذلك. [26]

3.3 الراحة الحرارية:

بما أن الراحة يتم تقييمها عن طريق التقييم الشخصي ، فإن هذا يؤدي إلى تباين بين الدراسات، و كما بينت الدراسات بأن بعض الثقافات تعبر عن الإحساس الحراري بلغة تختلف عن غيرها، بحيث تم وضع تعريفات متعددة لـ "الراحة الحرارية"، فمن الواضح أن هذا يجعل من الصعب تطبيق نموذجاً واحداً للراحة الحرارية على مستوى العالم ، وعلى الرغم من أن العديد من الدول قد اعتمدت التعريف أعلاه ومعايير الراحة المرتبطة به ، فقد وضعت معظمها أيضاً معايير الراحة الخاصة بها [27].

إن أبسط طريقة لإدراك الراحة الحرارية هي مراعاة تأثير درجة الحرارة المحيطة وتقييم عدد الساعات التي تتجاوز خلالها درجة الحرارة قيمة معينة (غالباً ما تكون 26 درجة مئوية)، تعبر درجة حرارة التشغيل عن المتوسط المرجح لدرجة حرارة الهواء و الجدران.

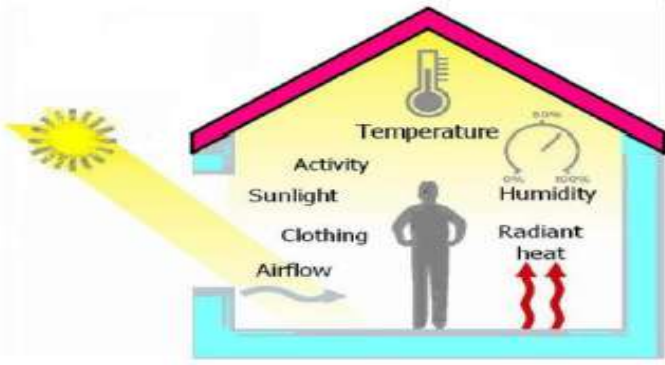
قام ماكفيسون [28]: في عام 1962 بأخذ سبع علامات لوصف "الراحة الحرارية" جزئياً: درجة حرارة الهواء ، متوسط درجة حرارة الإشعاع (MRT) ، ضغط المياه (Pv) أو الرطوبة النسبية (RH) ، سرعة الهواء النسبية (V) ، و الملمات الشخصية: الملابس أو المقاومة الحرارية (Icl) والنشاط أو معدل الأيض (M).

قام فانغر [29]: في عام 1967 بالتحقيق في العمليات الفسيولوجية لجسم الإنسان ، عندما يكون قريباً من الحيادية لتحديد معادلة الراحة الفعلية؛ كان قد عرّف "الحياد الحراري" للشخص "كحالة لا يفضل فيها أن يكون المحيط أكثر دفئاً أو برودة."، بحيث يشير مصطلح

التنبؤ المتوقع (PMV) إلى مقياس حراري يمتد من درجة حرارة (-3) إلى (+3) درجة مئوية، تم وضعه من قبل فانغر واعتمدت في وقت لاحق كمييار ISO، بحيث تم جمع البيانات الأصلية من خلال تعريض عدد كبير من الأشخاص لظروف مختلفة داخل غرفة وجعلهم يختارون أفضل وصف لراحتهم، ثم تم استنباط نموذج رياضي للعلاقة بين جميع العوامل البيئية والفسولوجية التي تم النظر فيها من البيانات، والنتيجة تبين حجم عوامل الراحة الحرارية ببعضها البعض من خلال مبادئ توازن الحرارة وتبين مقياس الإحساس التالي كما يلي:

-3: بارد، -2: بارد، -1: بارد قليلاً، 0: محايد، 1: دافئ قليلاً، 2: دافئ، 3: حار.

و وفقاً لـ فانغر ، فإن ما هو مطلوب في الممارسة العملية هو التعبير عن ظروف الراحة في عوامل يمكن التحكم فيها ، والتي أعطاها فانغر فترات من ستة معايير أساسية:



درجة حرارة الهواء
الإشعاع الحراري
ضوء الشمس
الرطوبة
سرعة الهواء
النشاط والملابس

الشكل (1.3): رسم تخطيطي لمعايير الراحة لـ فانغر [30]

الراحة الحرارية = الوظيفة {درجة حرارة الهواء، درجة الحرارة الإشعاعية، الرطوبة} المعادلة 1.3
النسبية، سرعة الهواء، النشاط والملابس

تعتبر الجمعية الأمريكية للتدفئة والتبريد وتكييف الهواء (ASHRAE) عن الراحة بأنها "حالة ذهنية تعبر عن الرضا عن البيئة الحرارية ويتم تقييمها من خلال التقييم الشخصي" [31] ، وفقاً لـ ASHRAE فإن إحدى الطرق البسيطة للتنبؤ بالراحة الحرارية هي استخدام الأشكال والجداول من الأدلة، و أما الطريقة الأخرى تستخدم التنبؤات العددية الأكثر صرامة من خلال تطبيق PMV / PPD ، هذا المؤشر يعبر عن عدم الراحة الحرارية لدى الأشخاص، لأنه يأخذ

بعين الاعتبار المجال بين 1- و 1+ من المقاييس الحرارية والراحة و أخذ نموذج لدمج النقطتين [32].

يستخدم الآن نموذج راحة فانغر على نطاق واسع، بما في ذلك أوروبا والولايات المتحدة الأمريكية و الصين، ومؤشر PMV يعد قريبا من مجموع المعايير الحرارية العالمية، لكنه يختلف بشكل طبيعي في جميع أنحاء العالم ، بحيث يعتمد ذلك على تصور المستخدمين الذين تكيفوا مع مختلفة المناخات.

رسم بياني مناخي:

تعتمد هذه المخططات على التجارب، إلا أنها تمثل سلسلة متتالية من المناطق المجاورة المختلفة والتي تعطي معلومات عن البيئة الحرارية واقتراح توصيات "مناخية حيوية" ، باستخدام أنظمة سلبية أو ميكانيكية للتحكم في المناخ، بهدف الوصول إلى الراحة المثلى، بالإضافة إلى المؤشرات الحرارية، كانت هنالك محاولات للجمع بين العوامل البيئية في شكل أدوات بيانية تسمح بتقليل الظروف الداخلية في منطقة الراحة أو بالقرب منها، كان VOLGYAY أول من طور إجراءً يعتمد على مخطط مناخي حيوي حيث حدد منطقة محصورة بشواطئ صيفية وشتوية وتدابير تصحيحية في حالة وجود مزيج من الرطوبة ودرجة الحرارة خارج المجال المعروف ، وكذلك الجداول من MAHONEY التي فقدت بعض من فائدتها بسبب التطورات الجديدة والتي لا تزال قائمة ، ثم الرسم البياني للمناخ البيولوجي من B. GIVONI الذي يحدد طريقة أكثر أداء مثل V. OLGAYAY ، تقييم الضرورات الفسيولوجية للراحة، لأنه يوصي بطريقتين للتبريد السلبي (إما عن طريق التهوية ، أو عن طريق خفض درجات الحرارة الداخلية مقارنة بالخارج) ، كما وضعت S. V. SZOCOLAY طريقة مناخية جديدة تشبه GIVONI ، حيث يتم تحديد تطوير المنطقة المحايدة بدقة أكبر والمناطق المحددة لكل منطقة وفقا لبيانات الأرصاد الجوية.

4.3 درجة الحرارة الظاهرة (TAPP) :

تعتبر إحدى المحاولات لتحديد التعرض لموجات الحرارة التي تأخذ في عين الاعتبار درجات الحرارة القصوى أثناء النهار وارتفاع درجات الحرارة أثناء الليل، بحيث يشير (TAPP)

لعدم الراحة و الذي يعتمد على درجة حرارة الهواء ودرجة حرارة تكثف الهواء [33]، كما هو مبين في المعادلة (2.3)

$$T_{app} = .62.653 + 0.994 (T_{air}) + 0.0153 (T_{dewpt})^2$$

المعادلة 2.3

أين

T_{app} : هي درجة الحرارة الظاهرة (أو درجة حرارة الإحساس) ،

T_{air} : درجة حرارة الهواء

T_{dewpt} : هي درجة حرارة تكثف الهواء (لإدخال عامل الرطوبة).

5.3 مؤشر المناخ الحراري العالمي (UTCI) :

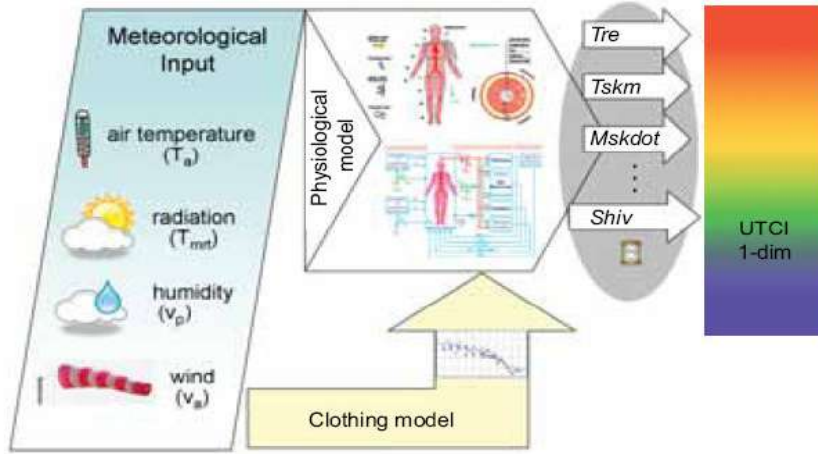
يتم تعريف UTCI [34] على أنها درجة حرارة الهواء (T_a) للحالة المرجعية مما يتسبب في نفس استجابة النموذج للظروف الفعلية، بحيث يعتمد على الإزاحة ، أي انحراف UTCI عن درجة حرارة الهواء ، على القيم الفعلية للهواء ومتوسط درجة الحرارة الإشعاعية (T_{mrt}) وسرعة الرياح (v_a) والرطوبة ، معبراً عنها كضغط بخار الماء (v_p) أو الرطوبة النسبية (RH).
يعبر عنها بالشكل الرياضي التالي:

$$UTCI = f (T_a; T_{mrt}; v_a; v_p) = T_a + \text{Offset} (T_a; T_{mrt}; v_a; v_p)$$

المعادلة 3.3

في حين أن مؤشر TAPP يتضمن درجة حرارة الهواء والرطوبة ، فإن مؤشر المناخ الحراري العالمي (UTCI) هو مؤشر يجمع جميع متغيرات الأرصاد الجوية التي تؤثر على معادلة توازن حرارة الإنسان [35] .

من الناحية النظرية ، يمكن لـ TAPP و UTCI تحديد المخاطر الصحية بشكل أفضل في الطقس الحار ، حيث أنهما يمثلان العديد من المتغيرات التي تؤثر على الإجهاد الحراري البشري، في حالة UTCI ، كما يتم حساب درجة الحرارة مع المخاطر الصحية المرتبطة بها.



الشكل (2.3): مفهوم UTCI المشتق كدرجة حرارة مكافئة من الاستجابة الديناميكية المتعددة

المتغيرات لنموذج UTCI-Fiala الحراري [34].

6.3 تحليل المناخ:

فيما يلي بعض تعريفات المناخ التي أعلن عنها علماء المناخ البارزون: يعرف كل من Koeppe و De Long "المناخ كملخص ، ومركب للأحوال الجوية على مدى فترة طويلة من الزمن ، يصور حقًا تفاصيل عن التباينات - الترددات القصوى ، وتسلسلات عناصر الطقس التي تحدث من عام إلى آخر خصوصاً؛ في درجة الحرارة وهطول الأمطار ، فالمناخ هو مجموع الطقس".

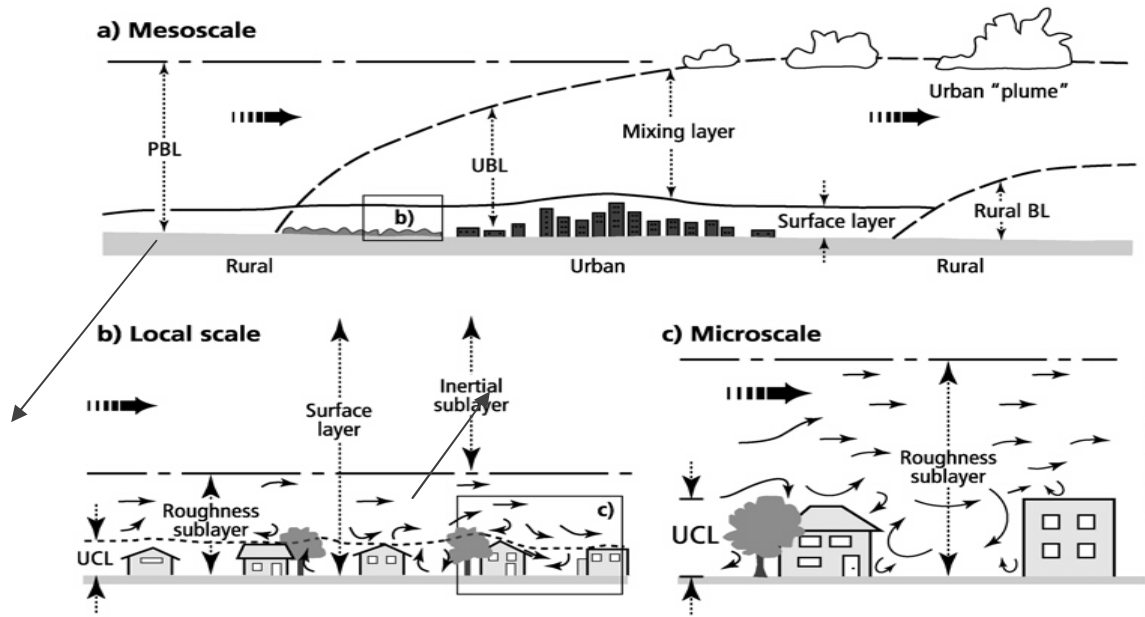
يرى كيندرو أن "المناخ فكرة مركبة ، وهو تعميم للأحوال الجوية المتشعبة من يوم إلى يوم طوال العام ، كما يعبر مصطلح المناخ على مفهومين مختلفين: متوسط المناخ وتغير المناخ. بحيث يتوافق متوسط المناخ مع كل الظروف التي تميز الحالة المتوسطة للغلاف الجوي في مكان أو منطقة معينة، كما إن تغير المناخ يتوافق مع التشتت الثابت للعناصر المميزة حول متوسط قيمتها.

لذلك يمكن القول بأن المناخ هو التعاقب المعتاد للظروف الجوية على مكان ما وخلال فترة زمنية معينة، بحيث تمثل معرفة متغيراتها ومجموعاتها المختلفة مبدأً أساسياً في تصميم و دراسة توفير الراحة في المساكن.

المناخ يعبر عن كل تأثيرات الطقس المتشعبة، بحيث تعد درجة حرارة الهواء والضغط وسرعة الرياح و واتجاهها والرطوبة وكمية الغيوم والهطول من أهم عناصر الطقس، التي يؤثر كل

عنصر منها على الأنشطة البشرية بطريقته الخاصة، و يعد من المفيد التركيز على بعض هذه العناصر التي ترتبط ارتباطاً مباشراً بطاقتنا الجسدية .

كما يعتمد تقسيم المناخ على العوامل الكونية والجغرافية والمحلية، و لفهم مفهوم المناخ تم تقديم فكرة لمقياس المناخ مع جزء صغير من المساحة بترتيب متباين من حيث الحجم، كما يوضحه الشكل (3.3):



الشكل (3.3): المناخات، (أ) المدى المتوسط ؛ (ب) المقياس المحلي؛ (ج) المقياس المجهرى.

7.3 طريقة درجة الحرارة خلال الساعات:

تعود أصول طريقة درجة الحرارة خلال الساعات إلى البحوث الزراعية حيث تكون معرفة التباين التراكمي في درجة حرارة الهواء الخارجي مهمة، بحيث يمكن نقل هذا المفهوم بسهولة إلى المباني ويمكن استخدامه في تحليل وتقييم استهلاك الطاقة المتعلق بالطقس.

درجة الحرارة خلال الساعات هي في الأساس تلخيص للاختلافات بين درجة حرارة الهواء الطلق ودرجة الحرارة دخل المبنى خلال فترة زمنية محددة، تعتبر من القضايا الرئيسية في تطبيق درجة الحرارة خلال الساعات تحديد درجة الحرارة الأساسية، والتي تتعلق في المباني بتوازن الطاقة

في المباني، ينطبق هذا على كل من أنظمة التدفئة والتبريد ، مما يؤدي إلى المفاهيم المزدوجة لساعات التبريد (CDH) وساعات التدفئة (HDH)

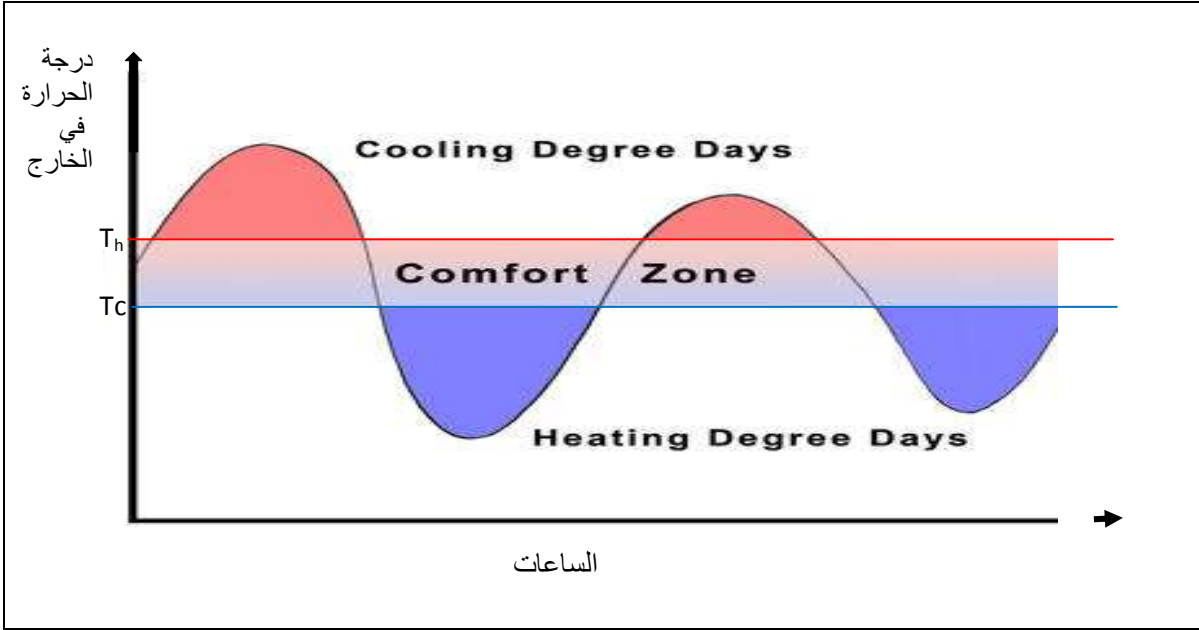
يتم تعريف درجة حرارة التدفئة والتبريد على أنها مجموع الفروق بين متوسط درجات الحرارة في الساعة ودرجة الحرارة الأساسية، يتم تعريف عدد ساعات درجة التبريد (CDH) في اليوم على أنها:

$$4.3 \text{ المعادلة } CDH_b = \sum_{i=1}^N (T_i - T_b)^+$$

حيث N هو عدد الساعات في اليوم، T_b هي درجة الحرارة الأساسية التي تحسب بها درجة الحرارة خلال الساعات الشكل (4.3)، و T_i هو متوسط درجة الحرارة لكل ساعة، بحيث يشير الرمز "+" إلى أنه يتم أخذ القيم الإيجابية للكمية بين قوسين فقط في الاعتبار في المجموع، كما يتم تعريف درجة حرارة التدفئة اليومية (HDH) على أنها

$$5.3 \text{ المعادلة } HDH_b = \sum_{i=1}^N (T_b - T_i)^+$$

كما نعبر عن درجة الحرارة الشهرية بمجموع درجة الحرارة خلال الساعات اليومية طيلة أيام الشهر، و بنفس الطريقة نعبر عن درجة الحرارة السنوية بمجموع ساعات الدرجات الشهرية على مدار 12 شهرًا في السنة، تفيدنا هذه الطريقة في تحديد احتياجات التدفئة و التبريد؛ كما أنها تساعد في جعل المقارنات بين المباني أكثر دقة، حيث يحتاج المبنى في مناخ معتدل طاقة تدفئة وتبريد أقل من مبنى في مناخ بارد، يمكن لهذه الطريقة كذلك أن تساهم في مقارنة استهلاك الطاقة بين مختلف المباني و كذا احتياجات التدفئة والتبريد في كل موقع على جعل هذه المقارنات أكثر دقة لكفاءة تصميم المباني.



الشكل (4.3): المجالات الحرارية

8.3 التقسيم المناخي المقترح :

في الجزائر هناك قدر كبير من التباين من حيث الميزات المناخية، لذلك نقترح تقسيم البلاد إلى مناطق ذات خصائص مناخية مشتركة ، هناك عدة أساليب لتصنيف المناطق المناخية ، التي تقسم البلاد من ثلاث إلى سبع مناطق، و لبناء نموذج للطاقة على المستوى الوطني من الضروري اختيار نظام تصنيف مناخي مناسب.

في العمل الحالي ، نوصي بأن يتم تقسيم الجزائر إلى سبع مناطق مناخية مميزة بناءً على تحليل مجموعة عدم الارتياح الصيفي والشتوي من حيث الحرارة والضغط استنادًا إلى بيانات الطقس الخاصة بمحطات الرصد الجوي.

بدمج جملة من المعلومات المختلفة مثل: الإشعاع الشمسي، درجة الحرارة، رطوبة الهواء، الرياح ونوع المناخ؛ يمكن اعتبار هذه العناصر قابلة للقياس باستخدام أدوات القياس، كما يمكن تحديد قيمها بدقة و تحليل قيمها.

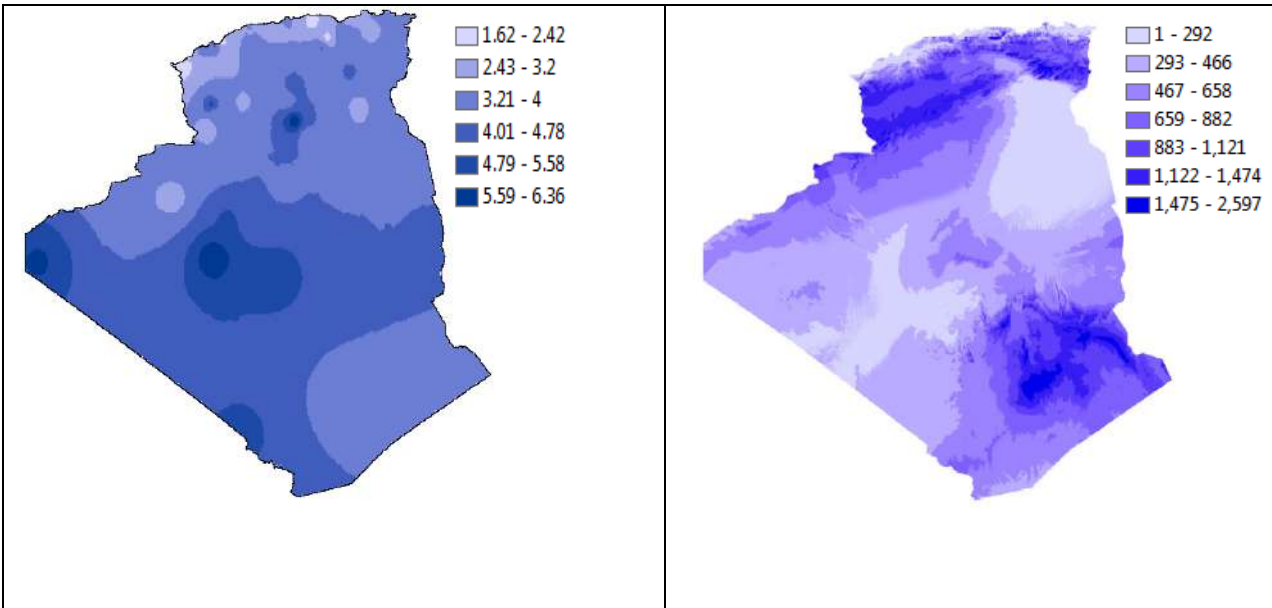
و لتقييم طبيعة ونوعية المناخ الشكل (5.3) إلى الشكل (9.3)، يتضح لدينا أهمية هذه المعايير بشكل خاص في المرحلة الأولى من التصميم وحتى بالنسبة لمشاريع إعادة التأهيل يمكن تصنيف كل هذه العوامل المناخية التي يجب مراعاتها في بعض الفئات المختلفة من الشكل (5.3) إلى الشكل (7.3) مثل:

العوامل النشطة: الإشعاع الشمسي ودرجة الحرارة.

العوامل الميكانيكية: حركة الهواء (الرياح).

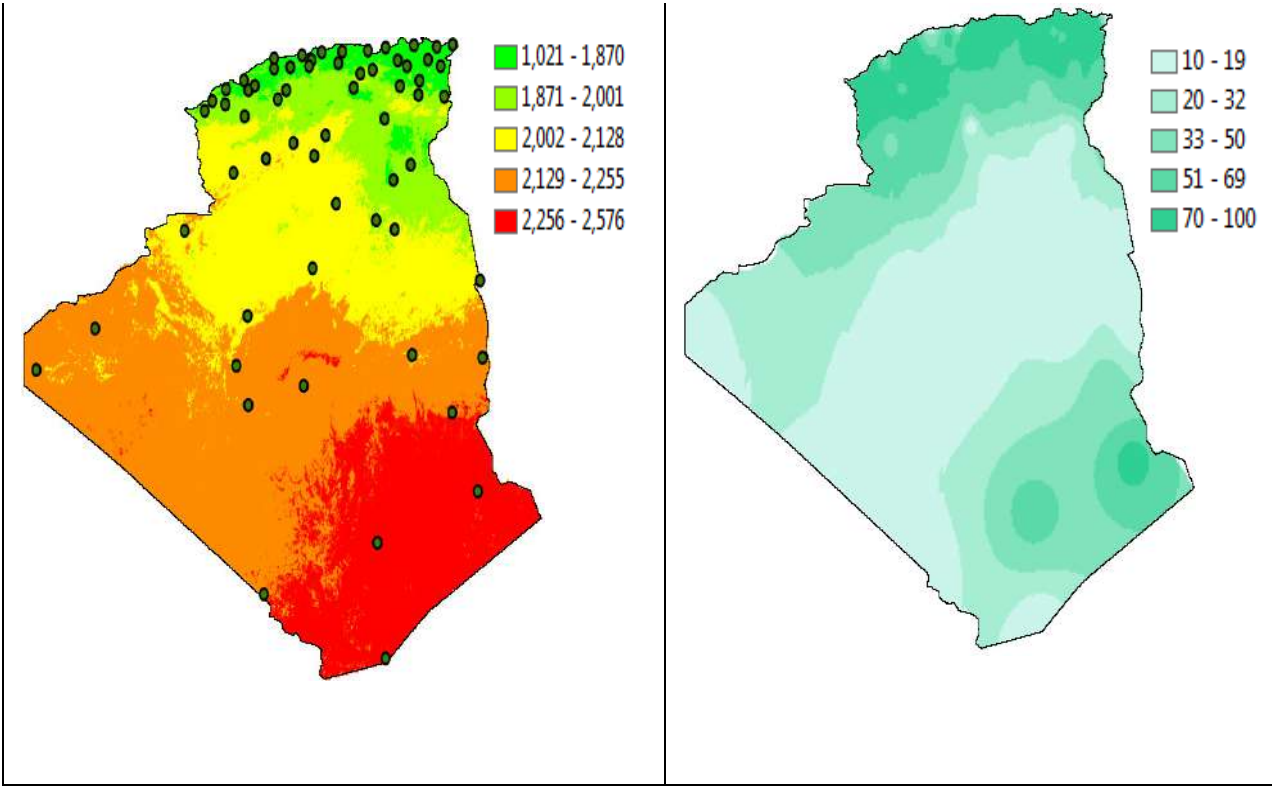
العوامل الطبوغرافية: الوضع فوق مستوى سطح البحر.

العوامل الهيدرولوجية: هطول الأمطار وقياس الرطوبة.

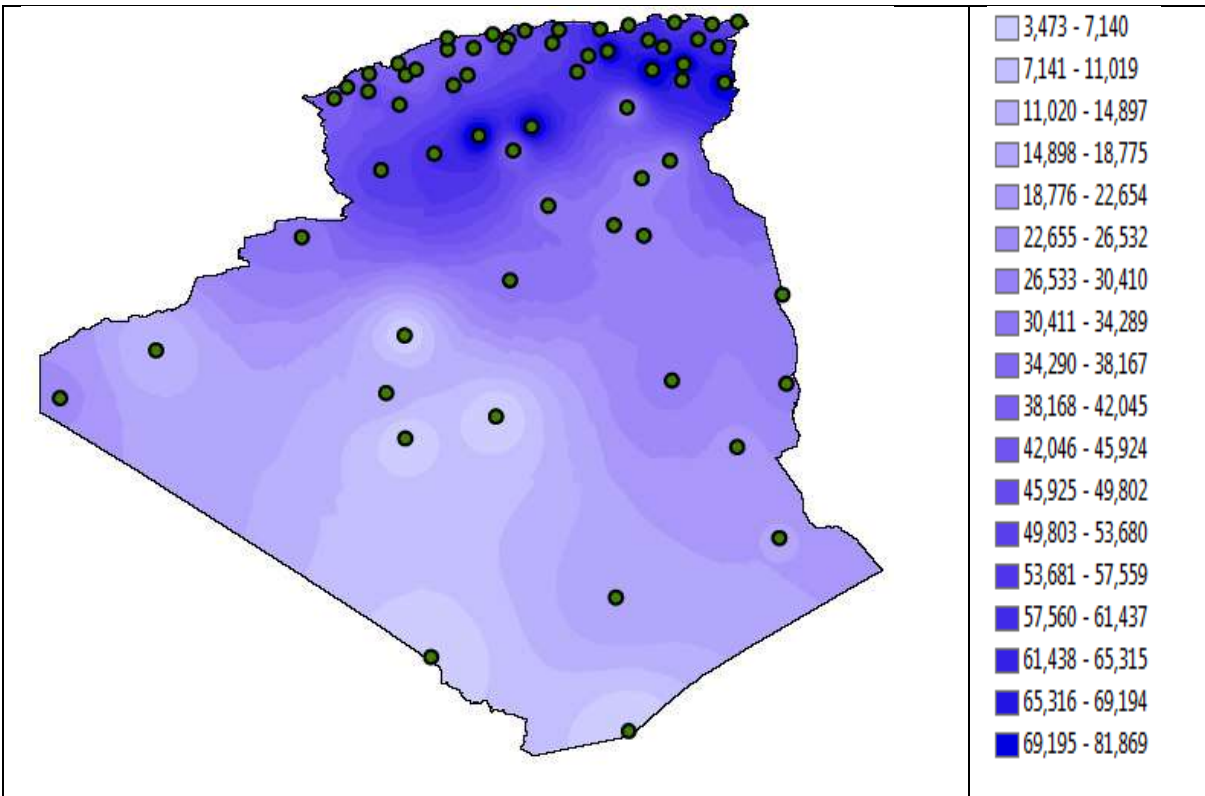


الشكل (5.3): سرعة الرياح (م / ث)

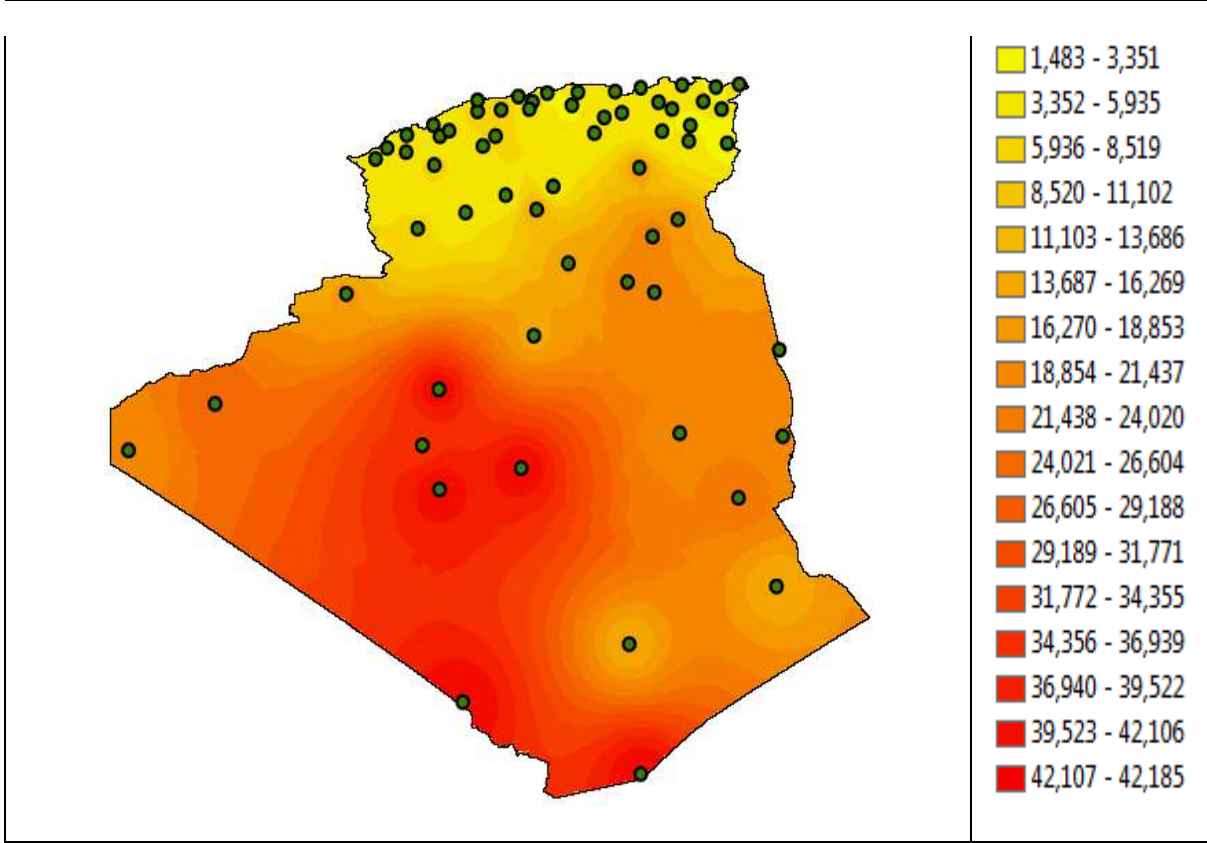
الشكل (6.3): الارتفاع فوق مستوى سطح البحر (متر)



الشكل (8.3): متوسط الرطوبة النسبية الشكل (7.3): الإشعاع الشمسي في W/m^2

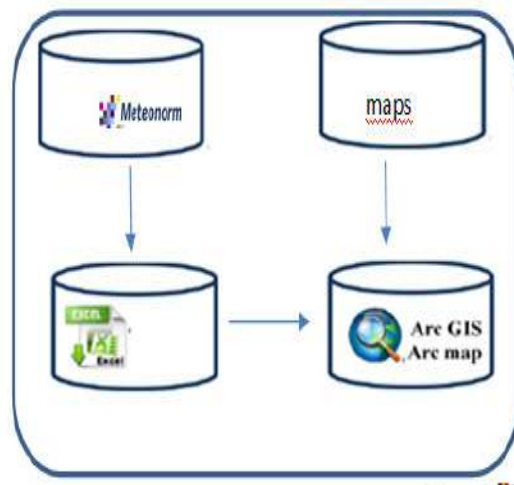


الشكل (9.3): ساعات عدم الراحة الحرارية للتدفئة بالنسبة لدرجة حرارة 20 درجة مئوية



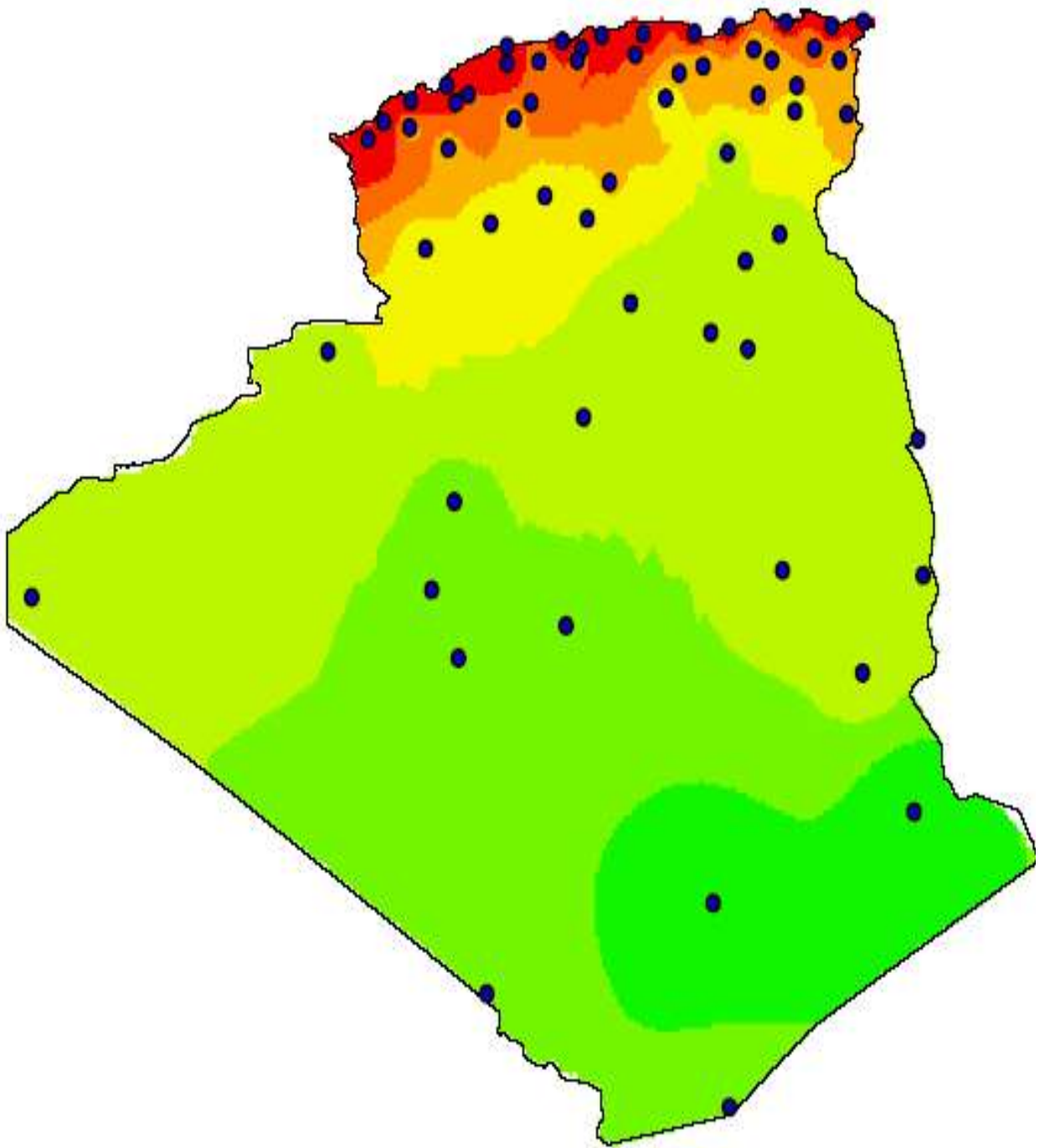
الشكل (10.3): ساعات عدم الراحة الحرارية للتبريد بالنسبة لدرجة حرارة 26 درجة مئوية

من خلال تطوير مصفوفة تقييم المعايير المقدره في Arc-Gis، يحتوي هذا التحليل على معيار فرعي هو الطريقة التي ينبغي أن نفكر بها، وذلك لأن الجزائر تحتوي على الأقل على ثلاث مناطق مناخية هي: المناطق الساحلية، ومناطق المرتفعات، مناطق الأراضي الجافة.



الشكل (11.3): الهيكل التنظيمي لمصفوفة تقييم المعايير المقدره في Arc-Gis.

تحليل البيانات المناخية المختلفة لتحديد المناطق الأكثر ملاءمة كما هو مبين في الجدول (1.3) من تطوير مصفوفة تقييم المعايير في Arc-Gis، يعطي سبع مناطق كما هو مبين الشكل (12.3)



الشكل (12.3): تقسيم المناطق في الجزائر على أساس تقييم المعايير المقدر في Arc-Gis

الجدول (1.3): تقسيم المناطق المناخية في الجزائر

المناطق	المناخ
المنطقة 1	البحر الأبيض المتوسط: 500 مم، رطب جداً، رياح معتدلة.
المنطقة 2	السواحل الخلفية: هطول الأمطار حوالي 300 مم، رطب ، رياح معتدلة.
المنطقة 3	مرتفعات الأطلس التالي: هطول الأمطار حوالي 200 ولكن متغير جداً ، رطوبة منخفضة ، والرياح باتجاه الغرب بشكل رئيسي
المنطقة 4	أطلس المرتفعات الصحراوي: الأمطار المعتدلة نادرة، رطوبة منخفضة، رياح معتدلة
المنطقة 5	الصحراء: رطوبة منخفضة، ندرة هطول الأمطار، رياح معتدلة
المنطقة 6	الصحراء العميقة: رطوبة منخفضة، ندرة هطول الأمطار، رياح معتدلة
المنطقة 7	الهقار و الطاسيلي: هطول الأمطار الغزيرة في بعض الأحيان ، والرطوبة المنخفضة ، والرياح المعتدلة

9.3 الخاتمة:

بعد مراجعة المفاهيم العامة للمناخ و الراحة الحرارية، تبين لنا بأن هناك تشابه كبير من ناحية منهجية الدراسة بين الراحة الحرارية للمعدات داخل مأوى الاتصالات و الراحة الحرارية للإنسان، فيمكننا الاعتماد على نفس المنهجية مع الأخذ بعين الاعتبار الفرق بين الإنسان و المعدات الإلكترونية الموجودة على مستوى مأوى الاتصالات، فمجال الحرارة الداخلية للمأوى تتراوح بين 29 و 33 درجة مئوية، و ذلك من أجل أفضل أداء و أكبر مردود و مدة حياة أطول للمعدات، أما بالنسبة للمناخ الخارجي و العزل الحراري فنلاحظ بأن هناك تشابه كبير بين الدراستين، لذلك فإننا اعتمدنا على منهجية شبيهة لوصف المناخ الخارجي و اختيار العزل الحراري المناسب الذي يحقق درجة حرارة داخلية مقبولة لأداء المعدات الحرارية داخل مأوى الاتصالات.

يعتبر الوسط الخارجي أحد أهم العناصر في دراسة الراحة الحرارية لمعدات الاتصال داخل مأوى الاتصالات، فهو يبحث بشكل دائم عن التوازن مع البيئة الخارجية ، و التي تعتمد على مزيج متعدد من العناصر، بعضها يتعلق بأداء المعدات كانبعاث الحرارة من الأجهزة الإلكترونية داخل المأوى ... إلخ ، والبعض الآخر مناخي ، مثل درجة حرارة الهواء والإشعاع والرطوبة وسرعات الهواء... إلخ.

و نظراً لوجود العديد من أساليب التصنيف المناخي ، والتي تصنف الجزائر بين ثلاث وتسع مناطق مناخية، بحيث تم إنشاء تقسيم مناخي جديد باستخدام برنامج يعتمد على نظام المعلومات الجغرافية (GIS) للجزائر، بحيث يحتوي هذا التقسيم على سبع مناطق انطلاقاً من تحليل مصفوفة الكتلة لتقييم المعايير المقدرّة استناداً إلى طريقة مصفوفة القرار في Arc-Gis .

يسهم هذا التقسيم بشكل كبير في اختيار أفضل قيم المعايير و مدى تأثيرها في الراحة الحرارية داخل مأوى الاتصالات حسب مناخ كل منطقة.

الفصل الرابع

الفصل الرابع

إدراج الحلول بالنسبة للمأوى الحالي

1.4 المقدمة :

تتزايد احتياجات الطاقة العالمية باستمرار ، خاصةً بالنسبة للبلدان النامية مثل الجزائر حيث ينمو السكان بسرعة [44]، تتطلب التنمية المستدامة لهذه البلدان تحسين كفاءة الطاقة في مختلف القطاعات ، وخاصةً في المباني والمنشآت الصناعية، و التي من بينها قطاع الاتصالات الذي عرف توسعا سريعا و له دورا هاما في نمو الاقتصاد، من أجل ذلك يتم وضع محطات الاتصال لتضخيم الإشارة، بحيث تحتوي هذه المحطات على مكونات إلكترونية معقدة؛ ومع ذلك، فإن التحسن الكبير في أداء الأجهزة الإلكترونية الدقيقة يتطلب تطوير أنظمة تبريد فعالة للغاية، بشكل عام يتم إزالة الحرارة المنبعثة من الأجهزة الإلكترونية (التي تتراوح بين 500 إلى 10000 واط حسب حجم ونوع المعدات) باستخدام مكيفات الهواء التقليدية التي تستهلك كمية كبيرة من الطاقة الكهربائية.

في هذا الفصل سنقوم بعرض الحلول المقترحة لخفض درجة حرارة مأوى الاتصالات بحيث نقوم باقتراح حلين :

الحل الأول يشمل إدراج الحلول للمأوى الحالي و ذلك بإضافة عوازل خارجية، ثم نقوم بإضافة نظام للتهوية التقليدية مع المحيط الخارجي ، أما بالنسبة للحل الثاني فنقوم بإجراء محاكاة عددية لمبادل حراري هوائي أرضي لتبريد الهواء قبل دخوله لمأوى الاتصالات، وسنقوم بعرض أهم النتائج المتحصل عليها في كل حالة.

2.4 إدراج الحلول بالنسبة للمأوى الحالي :

في شبكة الاتصالات السلكية واللاسلكية ، يؤمن تتابع محطات الاتصال تضخيم الإشارة لنقلها لمسافات طويلة؛ يتم استخدام كل من المحطات السلكية واللاسلكية للاتصال بالشبكة ، بحيث يتم استخدام الألياف البصرية لربط المحطات فيما بينها، كما يتم استخدام المحطات

اللاسلكية كحل آمن لضمان الاتصالات؛ في هذا العمل ، نختار محطة اتصال سلكية مجاورة لمدينة ورقلة (في جنوب الجزائر) ، ويتكون من ملجأ معدني يحتوي على معدات نقل الاتصال وبطاريات تخزين جاف وخزانة تزويد الطاقة، و لتهوية المحطة يتم اقتراح أنظمة التهوية السلبية كبديل لأنظمة التهوية الميكانيكية، وذلك راجع لعدة أسباب كالفوائد المحتملة من تقليل التكلفة التشغيلية ومتطلبات الطاقة و التقليل من انبعاث غاز ثاني أكسيد الكربون [38].

3.4 إضافة العوازل للمأوى الحالي :

في العمل الحالي ، يتم إدخال تدفق جديد بين الألواح العازلة و الجدران الخارجية من أجل تقليل درجة الحرارة الداخلية لملجأ الاتصالات الموجود في مدينة ورقلة الواقعة في (جنوب الجزائر)، بحيث تلعب الصفائح المعدنية دورين ؛ الأول هو حماية المأوى من أشعة الشمس والثاني هو العمل كمدخنة شمسية؛ بحيث تعمل هذه المدخنة على تدفق الهواء التصاعدي بين الألواح العازلة و الجدران الخارجية لمأوى الاتصالات، لذلك قمنا بالتدقيق الطاقوي مستخدمين برنامج Trnsys 16، و برنامج (Fluent 6.3) للتنبؤ بالأداء الحراري وتدفق الهواء في المجال الحسابي ثنائي الأبعاد للمدخنة الشمسية.

• مراجعة طاقوية :

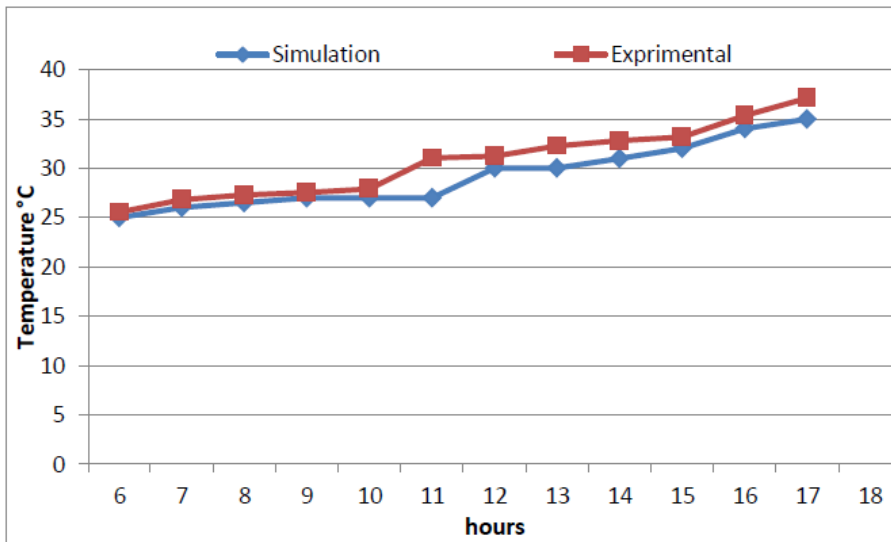
يتميز جنوب الجزائر بمستوى عالٍ من الإشعاع الشمسي [41] مما يتسبب في ارتفاع درجة الحرارة الخارجية، ومن أجل تحديد الشروط الحدية لدرجة الحرارة الخارجية لمأوى الاتصالات الذي يتميز بالخصائص المبيّنة في الجدول (1.3) ، قمنا بمحاكاة عددية بواسطة برنامج Trnsys16 لتحديد درجة الحرارة الحدية في المجال الحسابي.

الجدول (1.4): خصائص الجدران الخارجية و السقف لمأوى الاتصال

الموصلية الحرارية W/m.K	سمك الطبقة من السقف ب [مم]	سمك الطبقة من الجدار ب [مم]	
0.032	1	1	طلاء الطبقة الداخلية
51.8	5	5	صفيحة معدنية
0.032	50	80	العازل (polyurethane)
51.8	5	5	صفيحة معدنية
0.032	1	1	طلاء الطبقة الداخلية

• التحقق من صحة النموذج :

تم التحقق من صحة النموذج المستخدم عن طريق مقارنة النتائج المتحصل عليها بواسطة المحاكاة العددية ليوم 23 مايو 2016 و أخرى تم قياسها بواسطة محرار رقمي في نفس اليوم، بحيث تم رسم منحنى درجة الحرارة الداخلية للمأوى كما يبين الشكل (1.4) الذي يظهر توافقا جيد بين المحاكاة العددية والبيانات التجريبية.

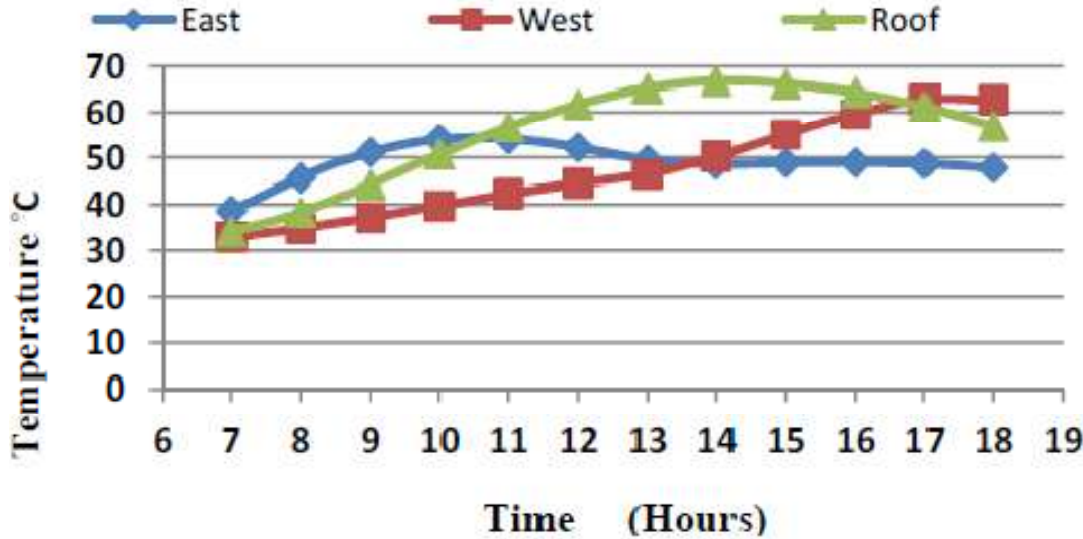


الشكل (1.4) : درجات الحرارة الداخلية لمأوى الاتصالات (في 2016/05/23)

• درجة حرارة الأسطح الخارجية :

من أجل تحديد درجة الحرارة على الأسطح الخارجية للصفائح المعدنية ، تم إجراء محاكاة عددية ببرنامج Trnsys16 لرسم منحنيات درجة حرارة الأسطح الخارجية (الشرق والغرب والسقف) للمأوى (مع وجود مكاسب حرارية)، الذي يرتبط بالوضع الحرج للتدفق الحراري الأقصى الذي يتوافق مع اليوم 2016/05/23 في الساعة 16:00، حيث تبلغ درجات الحرارة 324 درجة مئوية على الجانب الشرقي و 336 درجة مئوية بالنسبة للجانب الغربي و 340 درجة مئوية على السطح انظر الشكل (2.4).

أما بالنسبة للفرضيات فإنه تم الاكتفاء بمحاكاة ثنائية الأبعاد حيث يظهر السقف و الجانب الشرقي والغربي لأنهما أكثر تأثيرا لأن الشمس في الوقت الحرج تكون عمودية على المستوى الأفقي لسطح الأرض، وعليه يكون تأثيرها أقل على جداري المأوى الشمالي و الجنوبي، كما أن مساحة هذين الجدارين هي أقل مقارنة بالوجهين الآخرين، وعليه تم تقريب المحاكاة إلى ثنائية الأبعاد عوض ثلاثية الأبعاد.



الشكل (2.4) : درجة الحرارة على الأسطح الخارجية (الشرق - الغرب والسقف)

• الإجراءات العددية

من أجل تحديد الشروط الحدية ، نقوم بمحاكاة عددية لمأوى الاتصالات بواسطة برنامج Trnsys 16، بحيث نستخدم هذا البرنامج لحساب درجة حرارة الأماكن المغلقة (الجدران والمنطقة الجانبية)، يتم حساب درجة الحرارة للأسطح الخارجية خلال اليوم، ثم بعد ذلك نختار أعلى قيمة لدرجة الحرارة على السطح لنعتمدها هي القيمة الحدية للنظام بالنسبة لذلك السطح. قمنا بإجراء محاكاة عددية ثانية لحل معادلات انحفاظ الكتلة و كمية الحركة و الطاقة، عن طريق استخدام أداة - ديناميكا الموائع الحسابية - (CFD) ، وذلك عن طريق استخدام برنامج (Fluent 6.3) الذي بدوره يستخدم خوارزمية SIMPLE المقدمة من طرف P. Suhas [21]، لنحصل بعد ذلك على نتائج كل من السرعة و الضغط و درجة الحرارة و تدفق الهواء بنسبة خطأ للبواقي تصل إلى 10^{-6} .

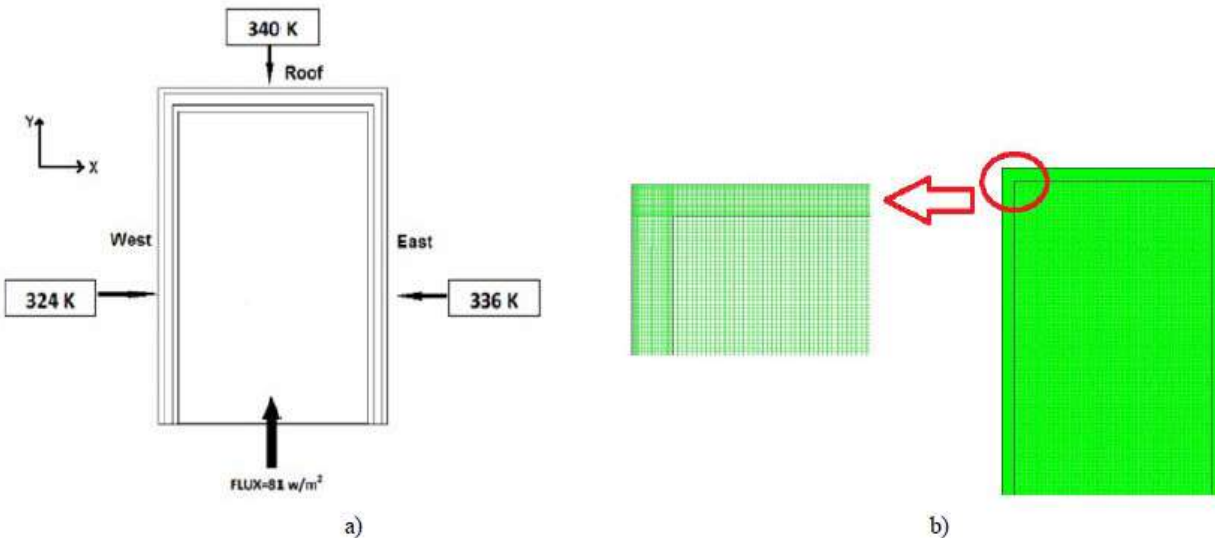
4.4 دراسة حالة مأوى بدون إضافة العوازل:

يوضح الشكل (3.4) أ المجال الحسابي للحالة الأساسية الذي يفترض أنه ثنائي الأبعاد ؛ ويشمل فقط المأوى مع الظروف الحدية للأسطح الخارجية، حجم المأوى مأخوذ من مأوى حقيقي تستخدمه شركة اتصالات الجزائرية .

من أجل ملاحظة الظواهر الفيزيائية بشكل جيد، تم تقريب خطوط الشبكة من بعضها البعض في الأماكن التي يكون فيها تدرج كبير للكمية الفيزيائية المراد قياسها، بعد اختيار حجم الشبكة وتكريرها، تحصلنا على شبكة تتكون من (40548 خلية) انظر الشكل (3.4) ب، كما اعتمادنا الشروط الحدية ل؛ Drihlet بالنسبة للجدران الداخلية والسقف، بحيث نفترض أن المكاسب الداخلية للمعدات الإلكترونية يتم تطبيقه على تدفق الحرارة عند الحد السفلي للمأوى بواسطة مصدر للحرارة لديه الأبعاد التالية 1.5 م × 0.5 م.

الفرضيات:

- ◀ نعتبر تدفق الهواء غير قابل للانضغاط
- ◀ نعتبر سريان الهواء رقائقي
- ◀ نعتبر الكتلة الحجمية للهواء ثابت
- ◀ نعتبر التوصيل الحراري للهواء ثابت في مجال تغير درجة الحرارة
- ◀ نعتبر السريان ثابت لا يتغير مع الزمن



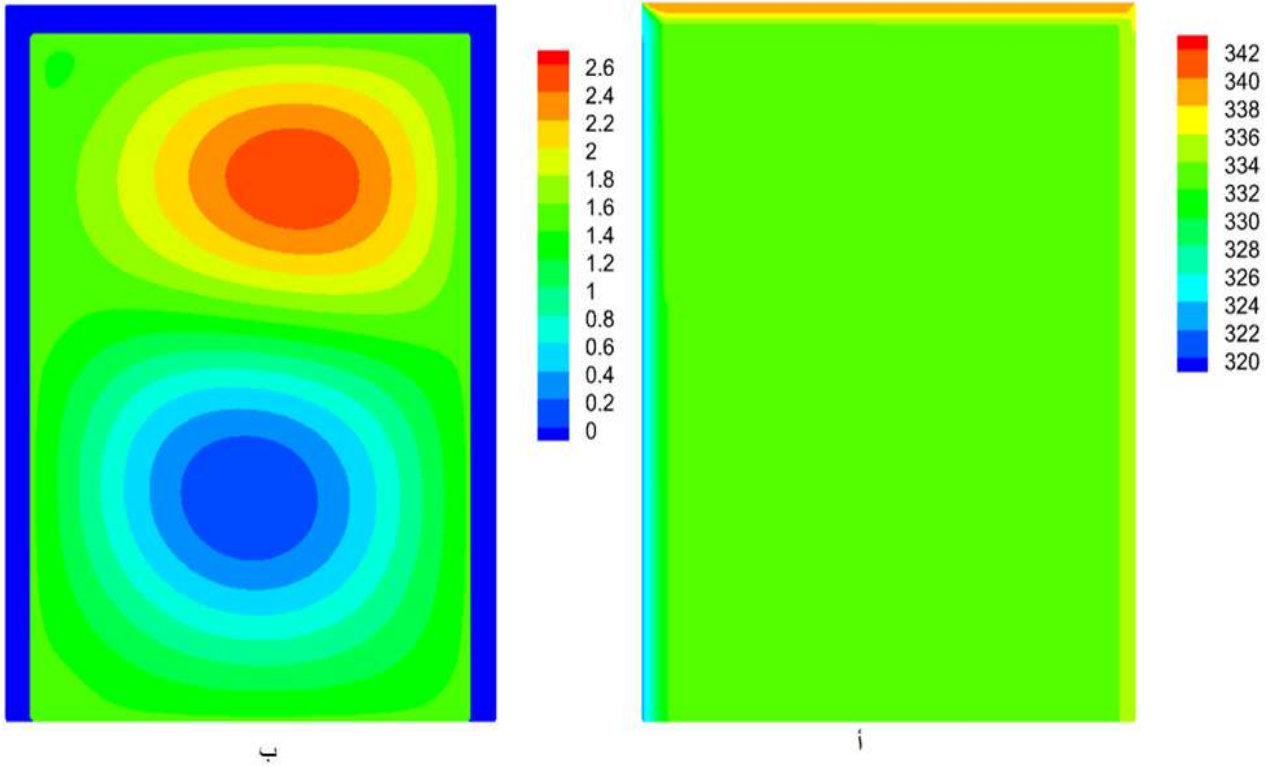
الشكل (3.4): المأوى التقليدي: (أ) مجال الحساب ، (ب) خطوط الشبكة

1.4.4 درجة حرارة المأوى بدون وجود مصدر حراري :

يوضح الشكل (4.4) أ ملامح درجة الحرارة بدون وجود مصدر حراري ، نلاحظ بأن درجة الحرارة تكون أعلى بالنسبة للسطح والجانب الغربي بسبب أشعة الشمس المباشرة ، أما بالنسبة للجانب الشرقي تظل درجة الحرارة أقل ارتفاعاً بسبب عدم وجود أشعة الشمس لهذا الجانب في فترة ما بعد الظهر .

2.4.4 المجال ديناميكي بدون وجود مصدر حراري

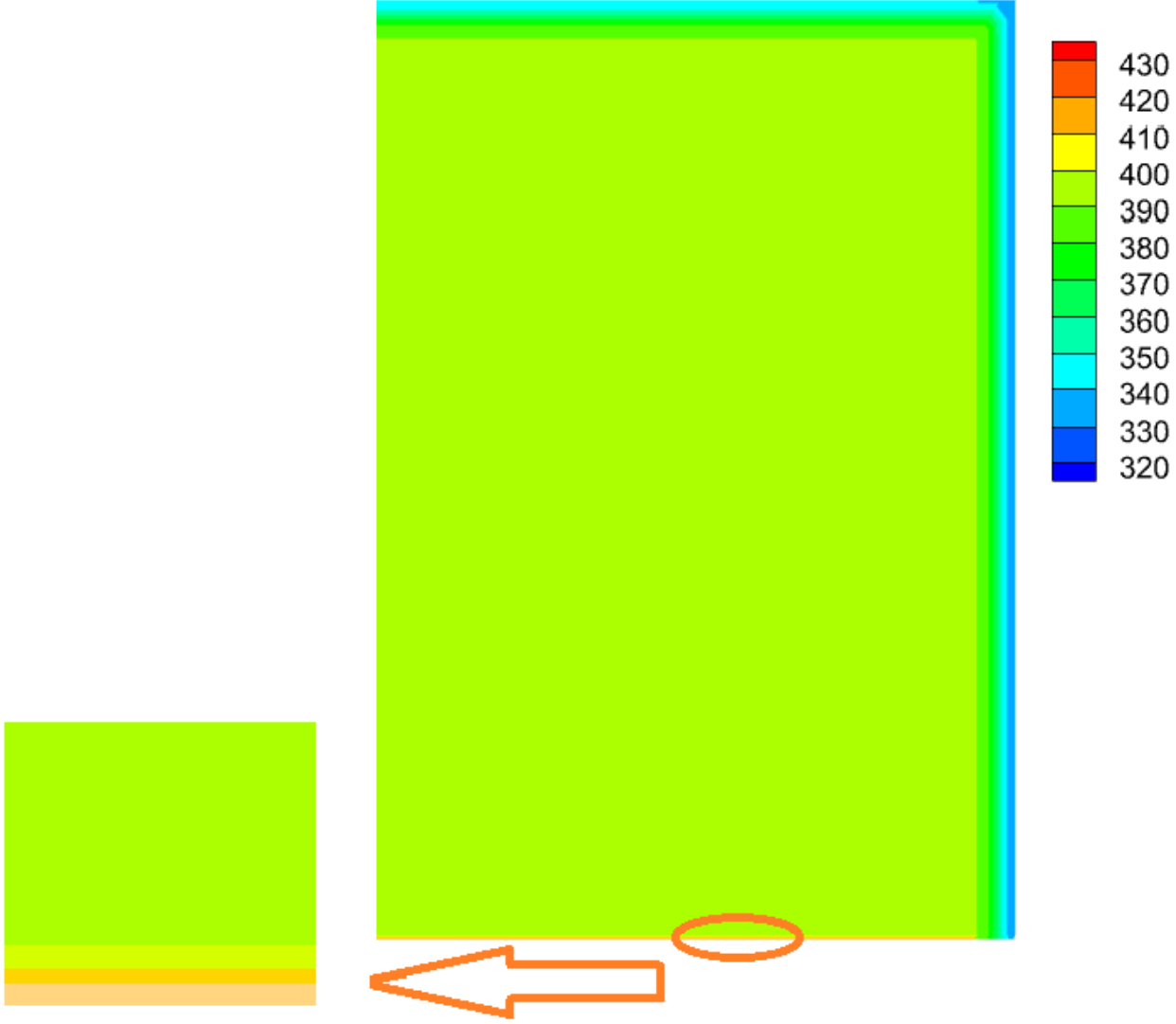
بالنسبة للحقل الديناميكي، الشكل (4.4) ب يظهر خطوط التيار (سرعة الهواء) منخفضة في جميع أنحاء المأوى ، إلا أنه في أعلى المأوى تكون حركة الهواء أكبر إذا ما قورنت بالجانب الأسفل منه، وذلك ناتج عن تأثر الهواء الموجود في الأعلى بالتدفق الحراري عبر السقف.



الشكل (4.4) : الملجأ التقليدي بدون وجود مصدر حراري : (أ) مظهر توزيع درجات الحرارة ($^{\circ}K$ ، ب) مظهر توزيع تدفق التيار (كجم / ثانية)

3.4.4 درجة الحرارة في حالة وجود مصدر حراري:

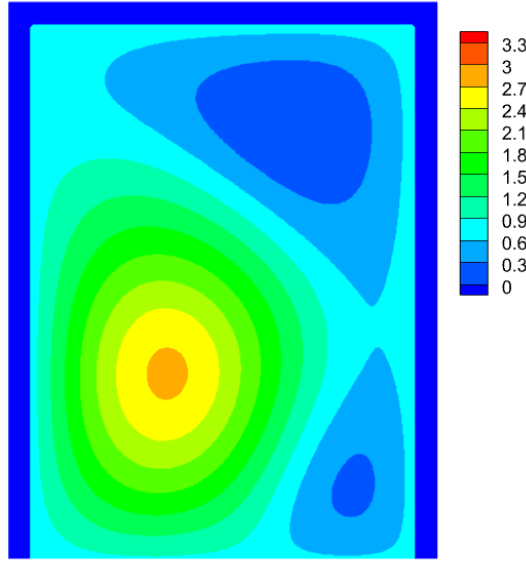
في حالة وجود مصدر داخلي للحرارة الناتجة من المعدات الإلكترونية ، أحدث ذلك تأثيراً واضحاً في أسفل المأوى انظر الشكل (5.4)، نلاحظ بأن تراكم كمية الحرارة داخل المأوى يؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة الداخلية مما يمثل خطراً كبيراً على المعدات الإلكترونية.



الشكل (5.4): مظهر توزيع درجات الحرارة لملاجأ تقليدي في حالة وجود مصدر حراري ($^{\circ}K$)

4.4.4 المجال الديناميكي في حالة وجود مصدر حراري:

يوضح الشكل (6.4) خطوط التيار للمأوى في حالة وجود مصدر حراري ، نلاحظ تزايد سرعة الهواء بشكل كبير في جميع أنحاء المأوى، خصوصا في أسفل المأوى بسبب قرب الهواء من المصدر الحراري.

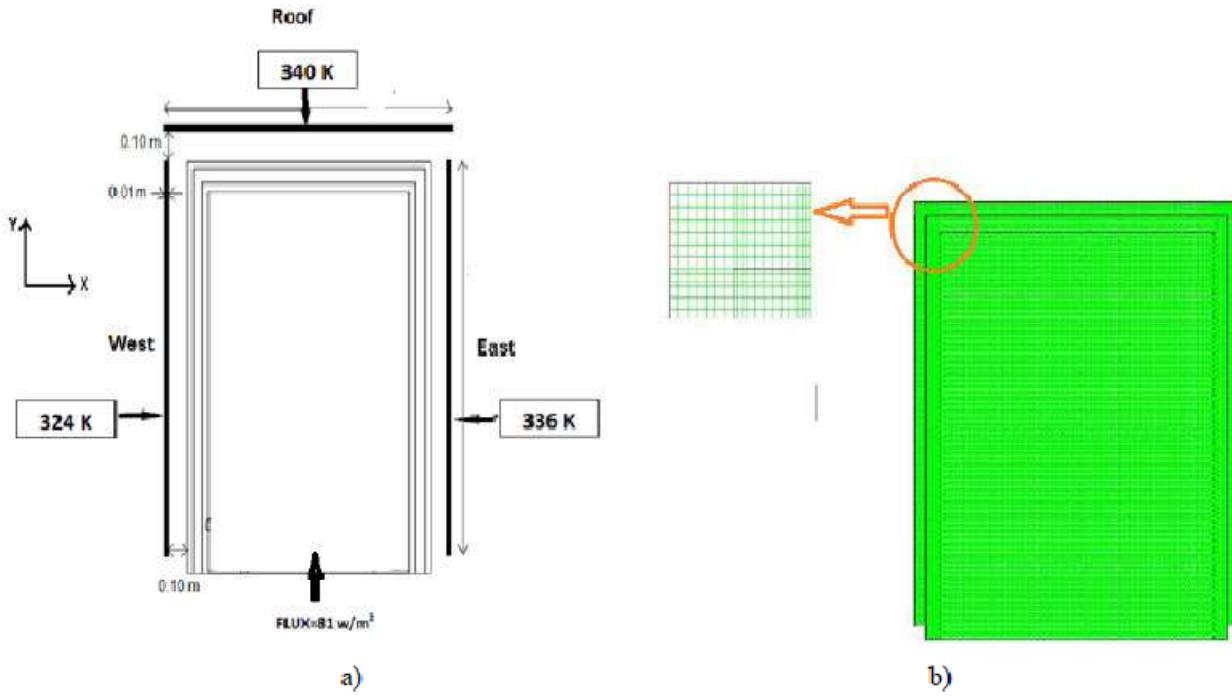


الشكل (6.4) : مظهر توزيع التيار لمجأ تقليدي في حالة وجود مكاسب (كجم / ثانية)

5.4 دراسة حالة مأوى مع إضافة العوازل:

للتقليل من تأثير الشروط الحدية الخارجية التي تؤدي إلى ارتفاع درجة الحرارة الداخلية للمأوى، والاتصالات نحتاج إلى استخدام بعض التغييرات، كتركيب ألواح عازلة على الجدران الخارجية للمأوى، بحيث تغطي هذه العوازل الأسطح الخارجية على بعد مسافة صغيرة تمثل سمك مجرى الهواء، والذي يسمح للهواء بالتحرك للأعلى كما هو الحال في المدخنة الشمسية، يتم دخول الهواء من الأسفل بدرجة حرارة المحيط الخارجي، ثم بتأثير الطفو تسمح المدخنة الشمسية للهواء الساخن بالخروج، إضافة إلى ذلك فإن هذه العوازل لا تسمح لأشعة الشمس المباشرة بالوصول إلى الجدران.

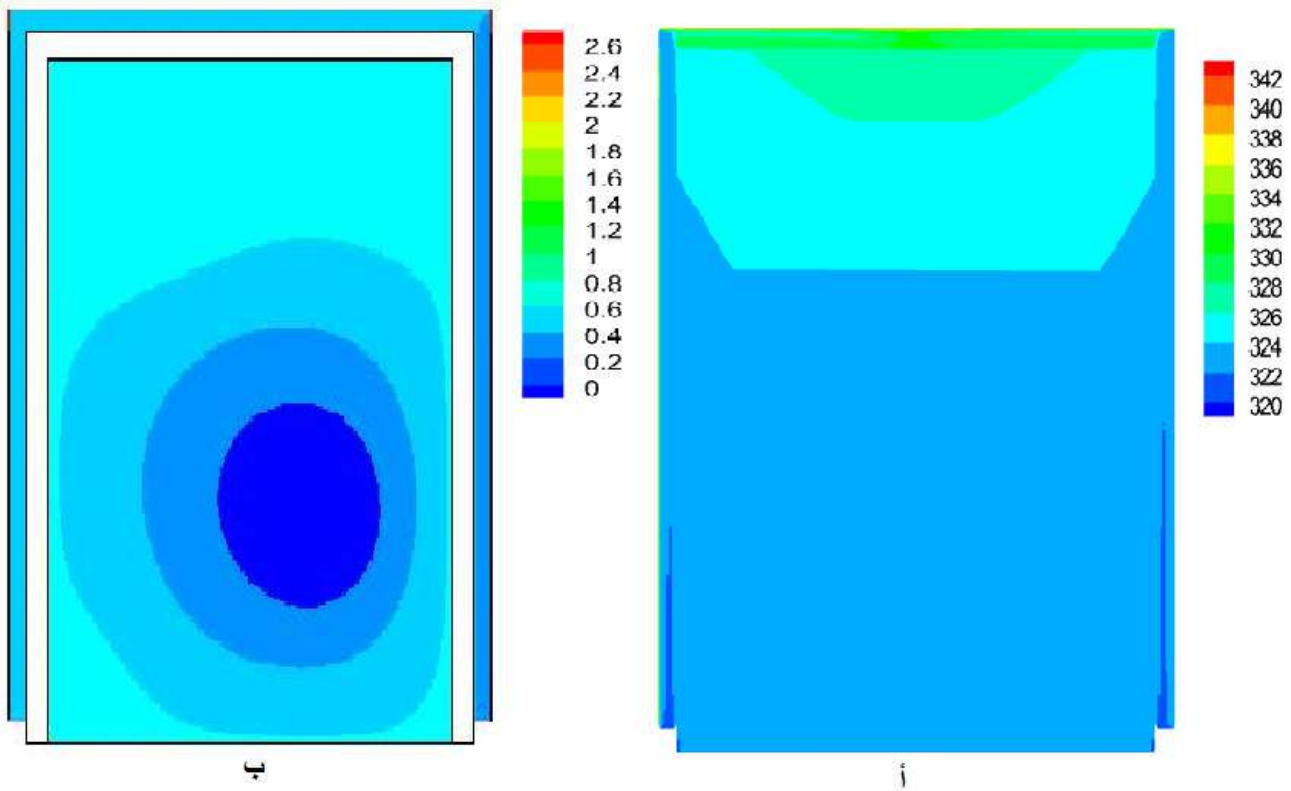
أما بالنسبة للشروط الحدية للأسطح الخارجية، فنقوم بأخذها على غرار الحالة السابقة للمأوى بدون عوازل (انظر الشكل (7.4) أ)، و لاختيار حجم الشبكة، أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها بعد عملية التكرير بأن عدد الشبكات في المجال الحسابي يصل إلى 30124 خلية كحجم شبكي للمأوى مع وجود عوازل (انظر الشكل (7.4) ب).



الشكل (7.4): (أ) المأوى مع الألواح العازلة: (أ) مجال حساب ، (ب) خطوط الشبكة

1.5.4 درجة الحرارة و تدفق التيار في حالة عدم وجود مصدر حراري:

في الشكل (8.4) أ ، نلاحظ أن هناك انخفاض في درجة حرارة الجدران الخارجية بسبب عدم تعرضها المباشر لأشعة الشمس، كما أن سريان الهواء عبر الفراغ الموجود بين المأوى و الألواح العازلة أسهم في عدم ارتفاع درجة حرارة هذه الأسطح، فيتم تجدد الهواء تلقائياً بحيث يدخل الهواء البارد من الأسفل متجها نحو الأعلى بسبب انخفاض كثافته كلما ارتفعت درجة حرارته، بحيث تساهم هذه الحركة في التبريد السلبي للمأوى، وهذا ما تسبب في خفض درجة حرارة الهواء داخل مأوى الاتصالات و ذلك بمقارنة الشكل (8.4) أ بالشكل (4.4) أ كما يُظهر الشكل (8.4) ب انخفاض في تدفق التيار مقارنة بالشكل (4.4) ب وذلك بسبب تأثير العوازل الخارجية.



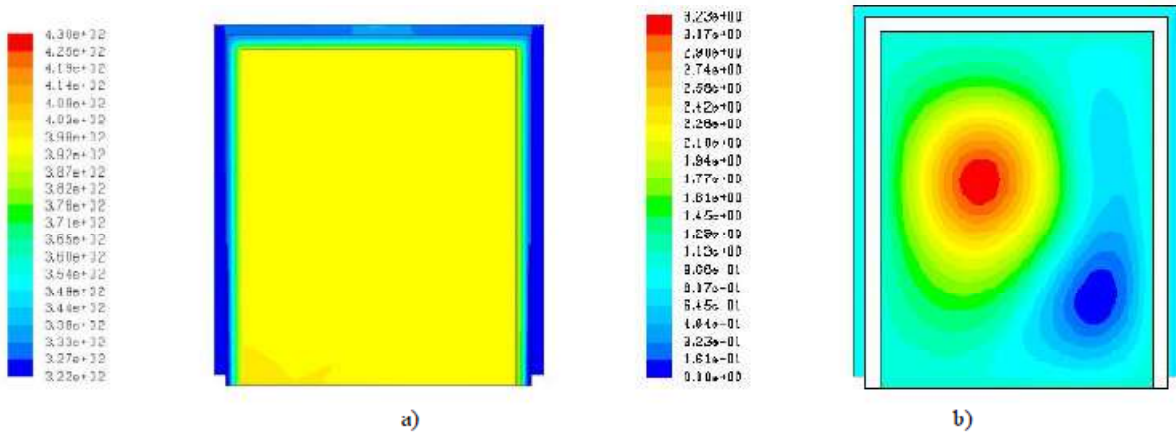
الشكل (8.4): المأوى في حالة وجود عوازل خارجية و بدون وجود مصدر حراري: (أ) درجة الحرارة الساكنة(كالفن) ، (ب) تدفق التيار (كجم / ثانية)

2.5.4 درجة الحرارة و تدفق التيار في حالة وجود مصدر حراري:

في الشكل (9.4) أ، نلاحظ بأن هناك تحسن مع وجود العوازل الخارجية للمأوى، يفسر ذلك بتأثير زيادة معدل التدفق عن طريق الزيادة المتزامنة لإخلاء الحرارة عن طريق الفراغ بين المأوى والألواح؛ كما تلعب الألواح دورًا مهمًا في إيقاف أشعة الشمس المباشرة، بينما درجة الحرارة القصوى على الأسطح الخارجية للمأوى لا تتجاوز 327 كالفن، بحيث يشير هذا إلى أنه يمكننا تقليل درجة الحرارة في الهواء الخارجي بشكل ملحوظ، ولكن تظل درجة الحرارة الداخلية للمأوى غير مرضية، لذلك نحتاج إلى دمج أنظمة أخرى للوصول إلى مستوى درجة حرارة مقبول داخل المأوى، أما بالنسبة لتدفق التيار، فيعرض الشكل (9.4) ب ملامحه، بحيث يتم تسجيل زيادة واضحة على السرعة في الفراغ بين المأوى والألواح ، هذه الزيادة في السرعة تعزز التبريد السلبي

على طول الأسطح الخارجية للحماية، في الجزء السفلي من المأوى ، نلاحظ أن سرعة الهواء أدت إلى تحسن طفيف في التبريد داخل المأوى.

عموماً، في الممارسة العملية، يتم تجهيز الملجأ من خلال نافذة فتح أوتوماتيكية تضمن التبريد المجاني عندما تتجاوز درجة الحرارة الداخلية درجة الحرارة الخارجية.



الشكل (9.4): المأوى في حالة وجود عوازل خارجية و وجود مصدر حراري: (أ) درجة الحرارة الساكنة(كالفن) ، (ب) تدفق التيار (كجم / ثانية)

6.4 ملخص:

لتبريد الأسطح الخارجية لمأوى الاتصالات ، يسهم النظام السلبي الذي يتضمن إضافة عوازل خارجية و التي تعمل كمدخنة شمسية في التقليل من درجة حرارة الجدران الخارجية، هذه التجربة التي تساهم في خفض درجة الحرارة الداخلية للمأوى و بالتالي استهلاك طاقة أقل خاصة في المناطق النائية و التي تكون بعيدة عن الشبكة الكهربائية.

تم تسجيل زيادة واضحة في سرعة الهواء على مستوى الفراغ بين الألواح العازلة والمأوى، هذه الزيادة في السرعة تعزز التبريد السلبي على طول الأسطح الخارجية.

في الجزء السفلي للمأوى ، يشير انخفاض سرعة الهواء إلى تحسن طفيف في التبريد داخل المأوى، بحيث تلعب الصفائح المعدنية دوراً مهماً في إيقاف حرارة أشعة الشمس المباشرة، في حين أن درجة الحرارة القصوى على الأسطح الخارجية للمأوى لا تتجاوز 327 درجة مئوية، ولكن تصل

درجة الحرارة الداخلية للمأوى إلى 370 درجة مئوية، و ذلك بسبب تراكم الحرارة المنبعثة من المعدات الإلكترونية، يبين لنا هذا بأن انخفاض درجة الحرارة الخارجية لا يكفي لوحده وأنه يحتاج إلى أنظمة تبريد إضافية تعمل على خفض درجة الحرارة الداخلية للمأوى.

يساهم تراكم الحرارة المنبعثة من المعدات الإلكترونية في ارتفاع درجة الحرارة الداخلية للمأوى بشكل كبير، لذلك تم تجهيزه بنوافذ تفتح بشكل تلقائي لضمان التبريد المجاني عندما تتجاوز درجة الحرارة الداخلية للمأوى درجة الحرارة في الهواء الخارجي.

نخلص في النهاية إلى أن إضافة العوازل الخارجية للمأوى الحالي غير كاف لوحده، إلا أنه قد يكون عامل مساعد يساهم في خفض درجة الحرارة الداخلية للمأوى إذا تم دمجها مع تقنيات أخرى، مثل دمجها مع مبادل حراري هوائي أرضي لإخلاء الحرارة الداخلية للمأوى.

7.4 إضافة مبادل حراري هوائي أرضي للمأوى الحالي :

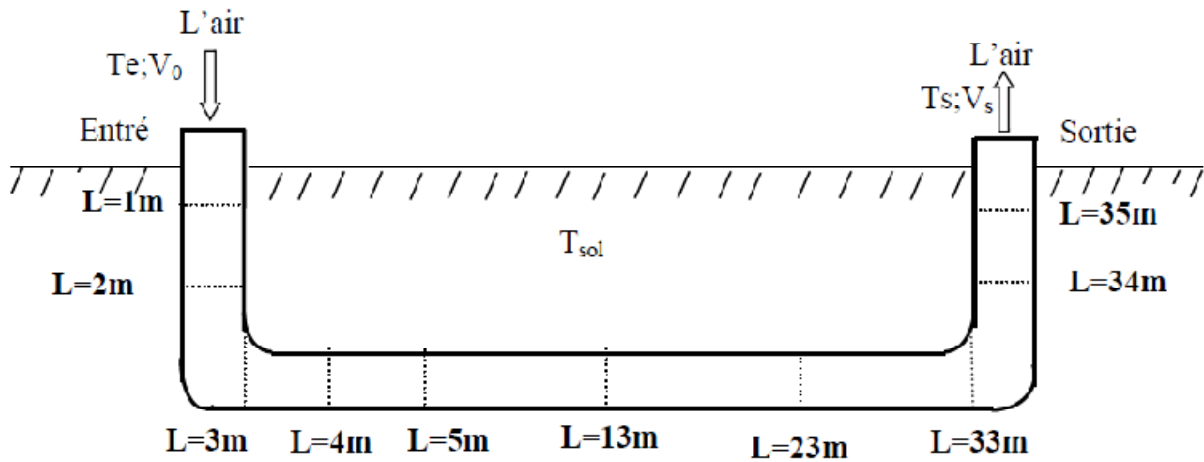
يحتاج استغلال الطاقة الحرارية الأرضية في أنظمة التبريد إلى استخدام نفق تحت الأرض [30]، و لتسريع مخرج الهواء الساخن ، يتم مساعدة النفق تحت الأرض بواسطة نظام المدخنة الشمسية، يتألف هذا النظام من مبادل حراري شمسي ومبادل حراري هوائي أرضي - [32] ، تعد هذه التقنية مناسبة للتقليل من استهلاك الطاقة ، كما توفر درجات حرارة مقبولة للمعدات داخل مأوى الاتصالات، هذا ما توضحه أوراق البحث [37] [38] [39] التي قدمها ب. نكار وباحثون آخرون، حيث حققوا في هذه التقنية لتبريد محطة الهاتف في مدينة ورقلة ، بحيث تصل درجة الحرارة الدنيا في الأماكن المغلقة إلى 29 درجة مئوية.

سنقوم بإجراء محاكاة عددية على مبادل حراري هوائي أرضي يتمثل في أنبوب أسطواني على شكل حرف U مع مقطع دائري ثابت مدفون على عمق Z، حيث يتدفق الهواء عبر قناة طولها الأفقي L وسمكها e ، قطرها الداخلي Di وقطرها الخارجي De ، تخضع لدرجة حرارة ثابتة تحت الأرض $T_s = 293K$ ، بحيث يدخل الهواء إلى القناة بدرجة حرارة ثابتة $T_a = 318K$ وسرعة ثابتة وفقا لأرقام رينولدز التالية (1000 ، 1500 و 2000)، لنرى مدى تأثير سرعة

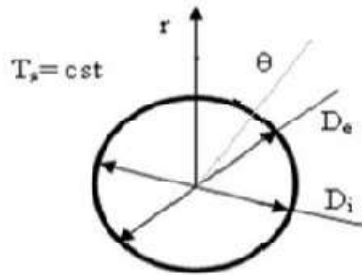
الهواء على درجة حرارة الهواء عند مخرج المبادل الحراري الهوائي الأرضي، و لتبسيط النموذج الرياضي، فإننا نعتبر الفرضيات الأكثر استخدامًا في هذا النوع من المشكلات بحيث نفترض أن :

- تدفق الهواء رقائقًا ، نيوتونيًا ، غير قابل للضغط على طول القناة.
 - يحدث التبادل الحراري في نظام ثابت لا يتغير مع الزمن.
 - نعتبر التربة المحيطة بالقناة متجانسة، كما نعتبر الموصلية الحرارية متجانس في جميع طبقات التربة.
 - نفترض أن درجة حرارة الأنبوب تساوي درجة حرارة التربة.
 - لا يوجد تفاعل كيميائي أو أي مصدر للحرارة.
 - نفرض بأن درجة حرارة الأنبوب العمودي عند المدخل تتغير بشكل خطي باتجاه العمق.
- يظهر الشكل الهندسي للنظام في الشكل (10.4).

a)



b)



الشكل (10.4) : الشكل الهندسي لمبادل حراري هوائي أرضي

8.4 اختيار الشبكة:

يتم اختيار عدد الخلايا اللازمة لحل المشكلة بناء على دقة الحساب المتوقعة، للحصول على نتائج مقبولة، بحيث تم اختيار البواقي على النحو التالي :

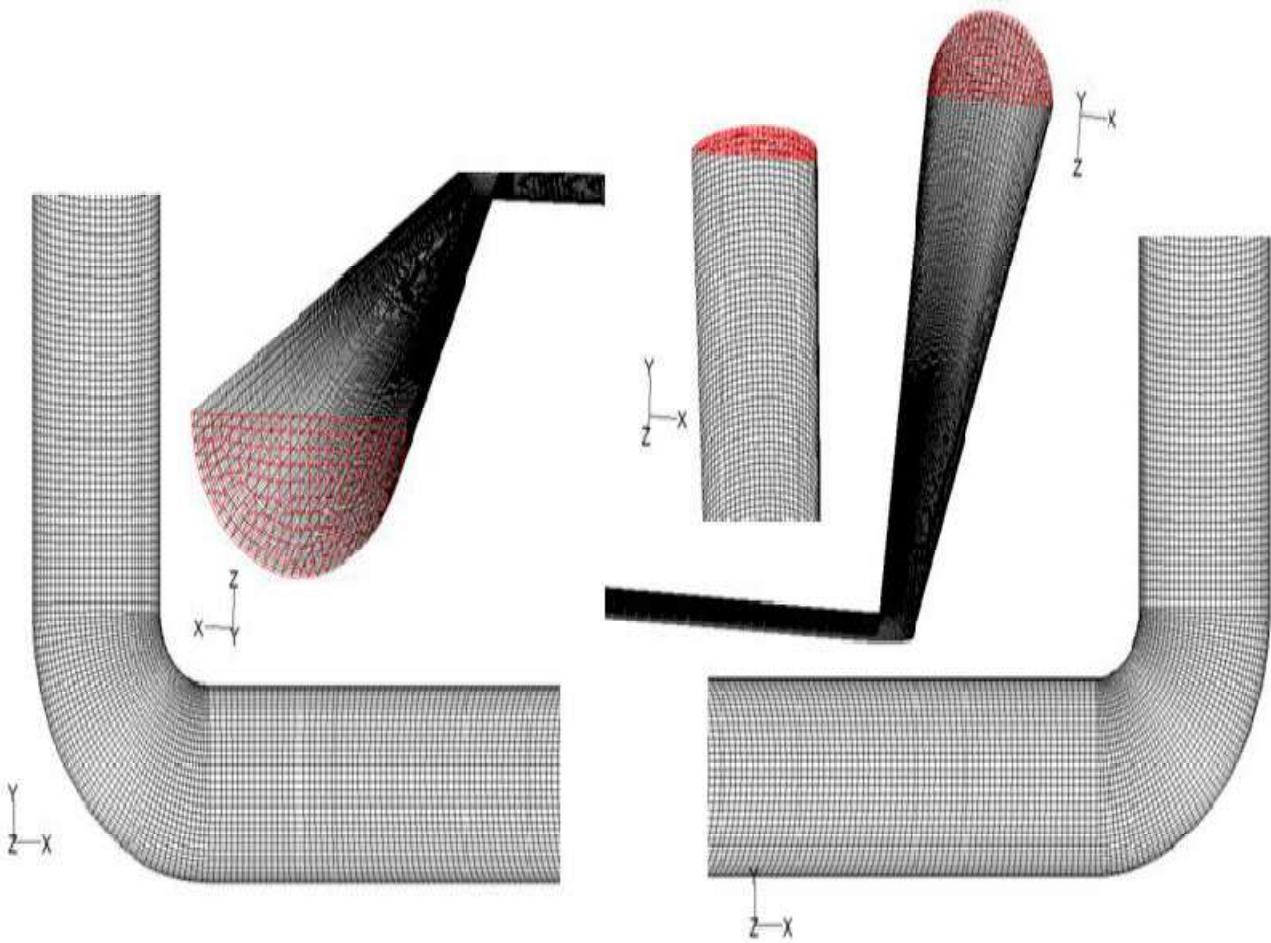
10^{-4} لمعادلات انحفاظ كمية الحركة و معادلة الاستمرارية ، و 10^{-6} لمعادلة الطاقة.

بعد اختيار الشبكة، يتم عرض النتائج التي تم الحصول عليها في الجدول التالي.

الجدول (2.4): حجم الشبكة

حجم الشبكة		
العقد	السطوح	الخلايا
1628725	4448077	1413278

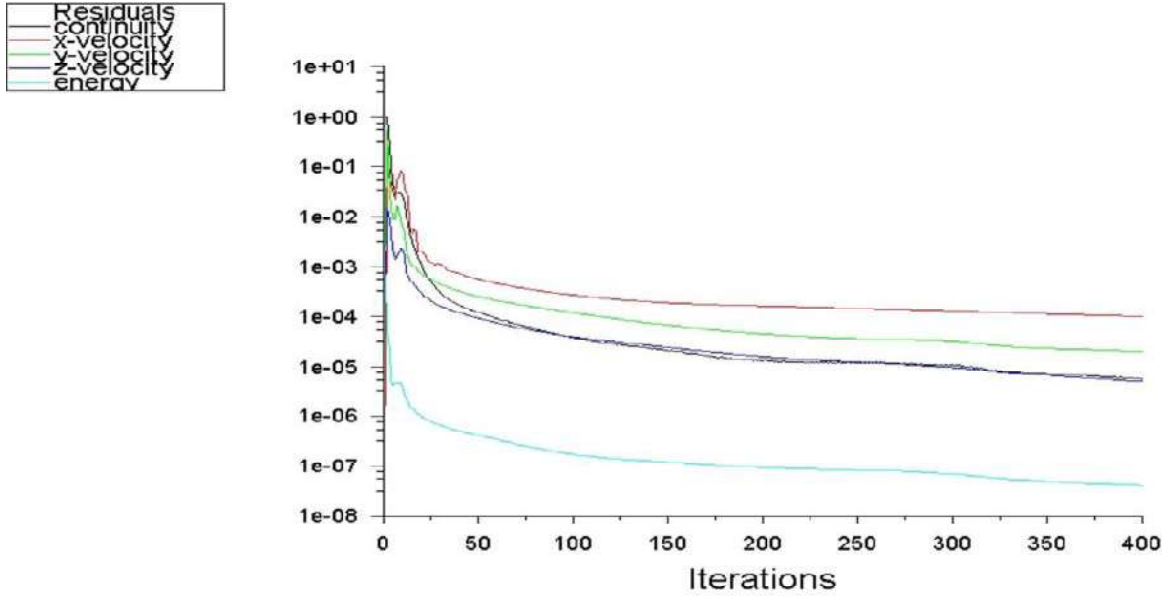
يعرض الشكل التالي الشبكة المستعملة في الحساب.



الشكل (11.4): الشبكة المستعملة في الحساب

9.4 مراقبة التقارب:

لضمان تقارب الحلول، نقدم منحنيات البواقي كما يوضحه الشكل (12.3) لمعادلات الجريان المختلفة للمبادل الحراري الهوائي الأرضي، نحصل على تقارب الحلول في حالة رقم رينولدز $Re = 2000$ بعد 400 تكرار



الشكل (12.4): تطور البواقي مع عدد التكرارات ($Re = 2000$)

يحتوي الجدول التالي على البواقي المحسوبة لكل معادلة

الجدول (3.4): نتيجة التقارب عند التكرار 400

Itération	Continuité	Vitesse -x	Vitesse -y	Vitesse -z	Energie
400	$5.7214 \cdot 10^{-6}$	$9.9850 \cdot 10^{-5}$	$1.9726 \cdot 10^{-5}$	$5.0455 \cdot 10^{-6}$	$4.1262 \cdot 10^{-8}$

10.4 عرض النتائج و تحليلها :

في هذا الجزء، سوف نعرض وندقق نتائج انتقال الحرارة في قناة أسطوانية الشكل على شكل حرف U، بحيث تتغير درجة حرارة الأرض بشكل خطي باتجاه العمق؛ فتكون على مستوى سطح الأرض $T = 318 \text{ K}$ ، وعلى عمق 3 m تصل إلى $T = 293 \text{ K}$ ، ثم نقدم حالات الحمل

الحراري المختلفة التي تم الحصول عليها بالنسبة لأرقام رينولدز التالية ؛ 1000 و 1500 و 2000 .

سنقدم نتائج محاكاة النموذج الثلاثي الأبعاد بواسطة برنامج FLUENT، مع الأخذ بعين الاعتبار خصائص الهواء الفيزيائية التالية:

$$\rho = 1.225 \text{ kg/m}^3$$

$$C_p = 1006.43 \text{ J/kg} \cdot \text{K}$$

$$k = 0.0242 \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

$$\mu = 1.7894001e-05 \text{ kg/m} \cdot \text{s}$$

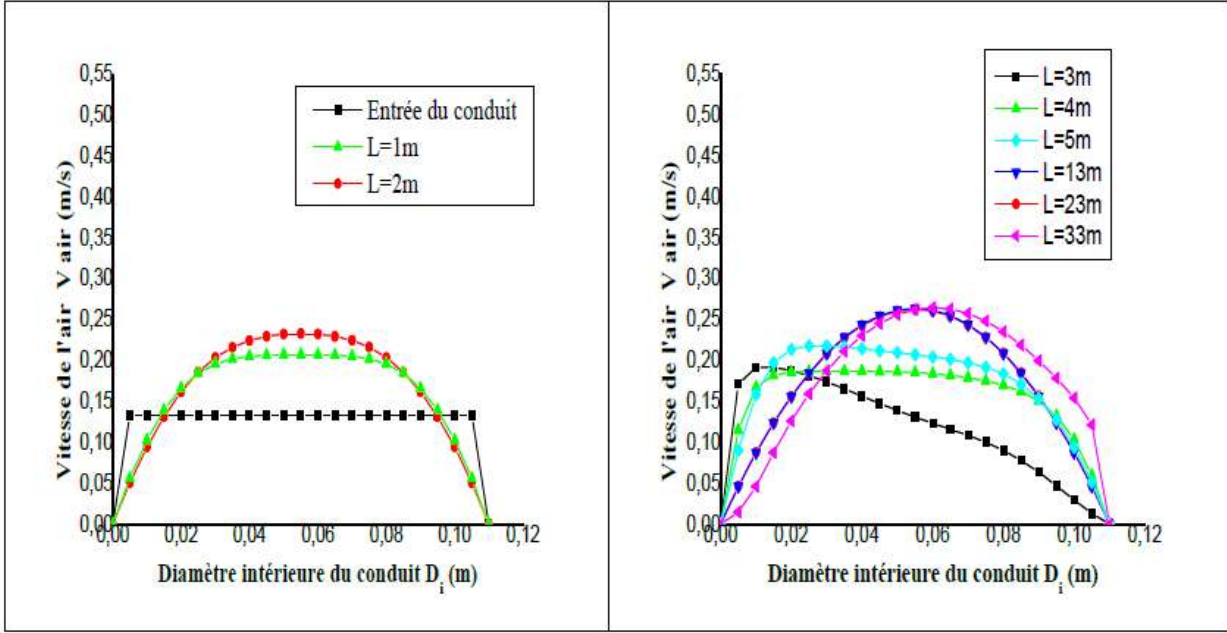
حقول السرعة والحرارة

سنقوم بعرض النتائج المتحصل عليها لتوزيع السرعة و الحرارة في المجال المدروس بالنسبة للمدخل ؛ القسم الأفقي؛ وعند مخرج الأنبوب ، وهذا وفقا لأرقام رينولدز 1000، 1500 و 2000

1.10.4 الحالة الأولى $Re = 1000$:

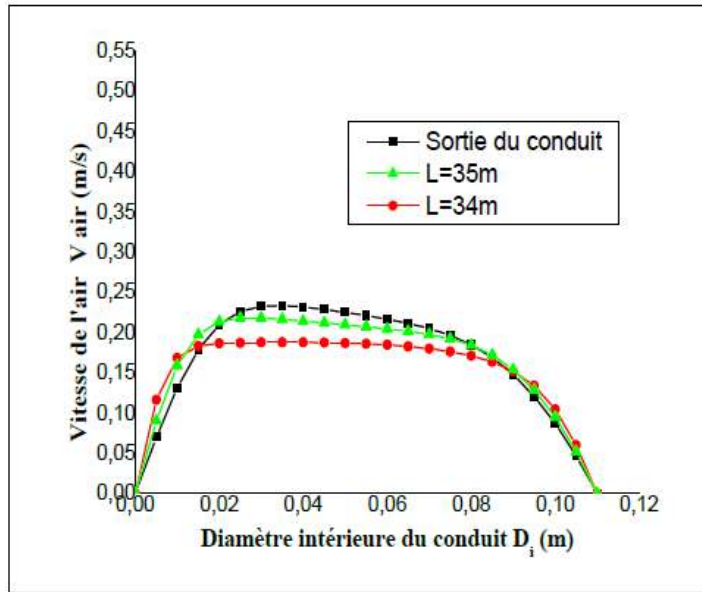
تغير السرعة:

يوضح الشكل (13.4) تغير سرعة الهواء في عدة أقسام من المبادل الهوائي الأرضي، عند المدخل، وفي المنتصف، وعند المخرج، في حالة $Re = 1000$.



a) le conduit vertical d'entrée ($Re = 1000$)

b) le conduit horizontal ($Re = 1000$)

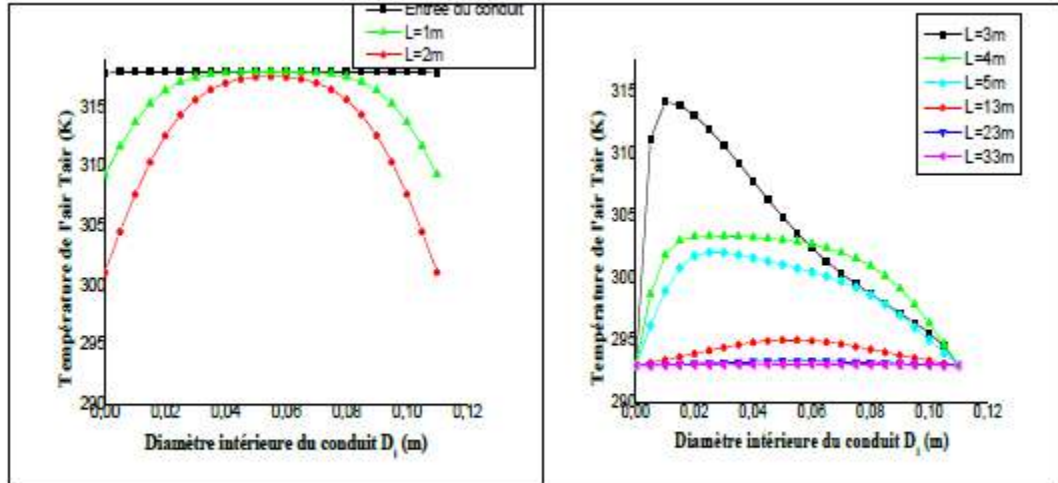


c) le conduit vertical de sortie ($Re = 1000$)

الشكل (13.4): مظهر سرعة الهواء في المبادل الحراري ($Re = 1000$)

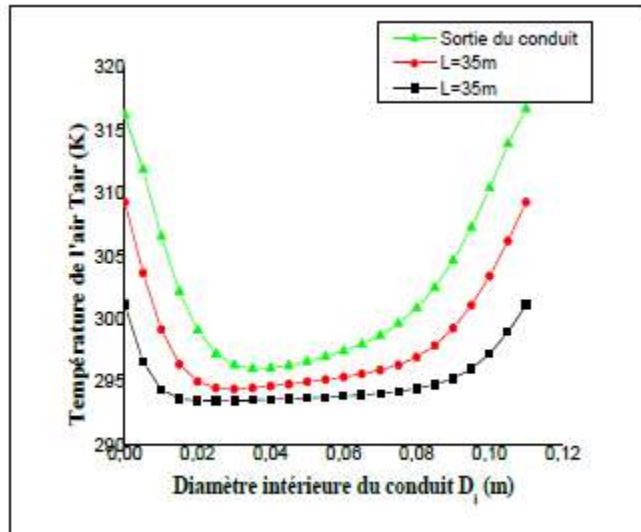
ملاحظ درجة الحرارة:

تمثل المنحنيات التالية تغير درجة حرارة الهواء في حالة $Re = 1000$ ، عند العديد من أقسام المبادل الحراري الهوائي الأرضي من المدخل إلى المخرج.



a) le conduit vertical d'entrée (Re =1000)

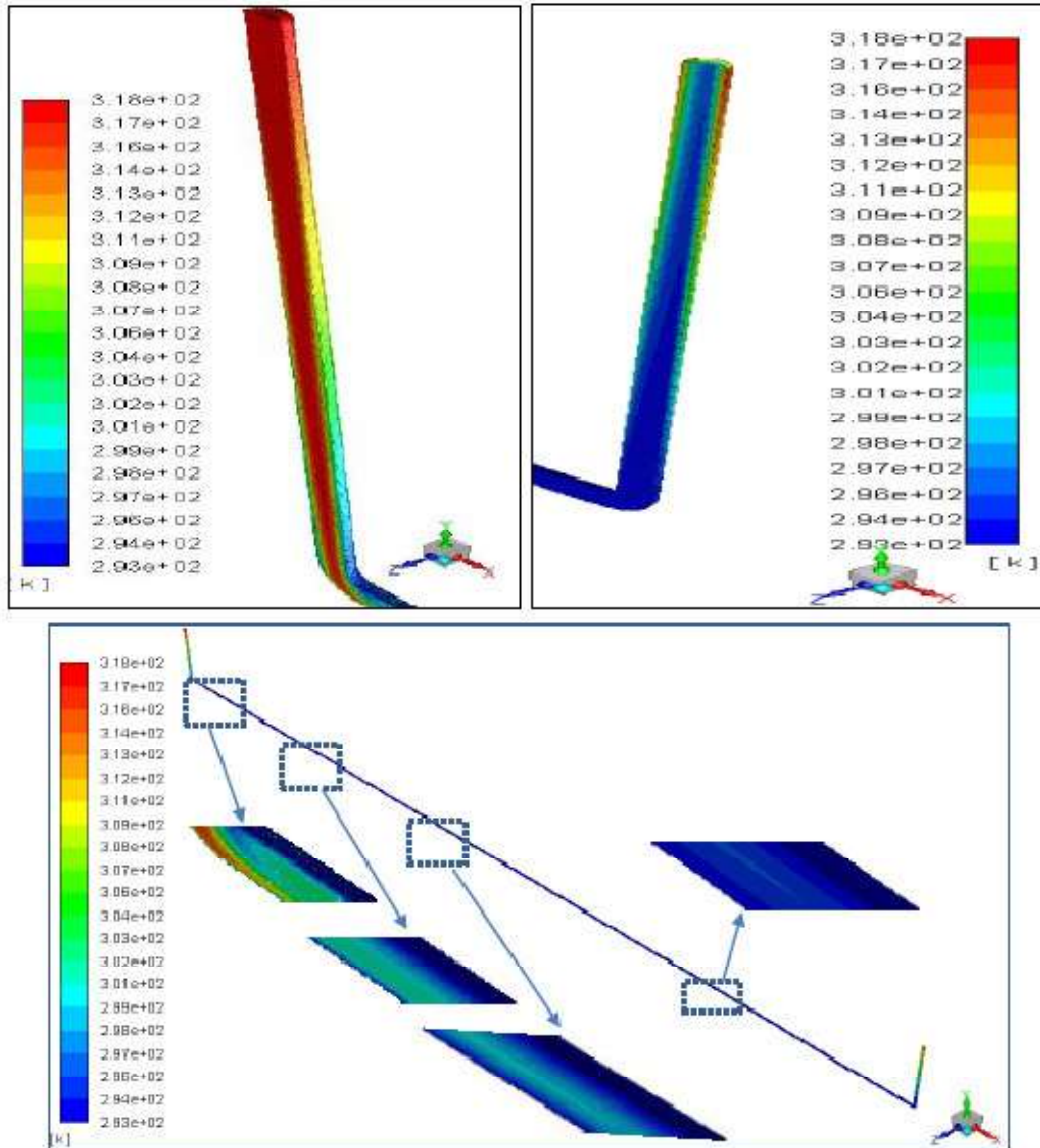
b) le conduit horizontal (Re =1000)



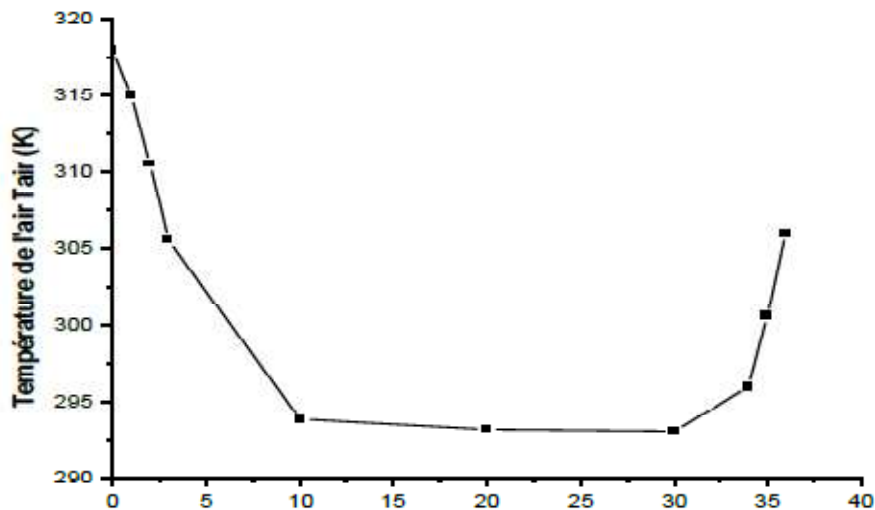
الشكل (14.4): مظهر درجة حرارة الهواء في المبادل الحراري (Re = 1000)

مجالات درجة الحرارة:

يمثل الشكل التالي حقول درجة حرارة الهواء لمختلفة المناطق عبر طول المبادل من المدخل إلى المخرج عند $Re = 1000$.



الشكل (15.4): توزيع الحرارة في حالة ($Re = 1000$)



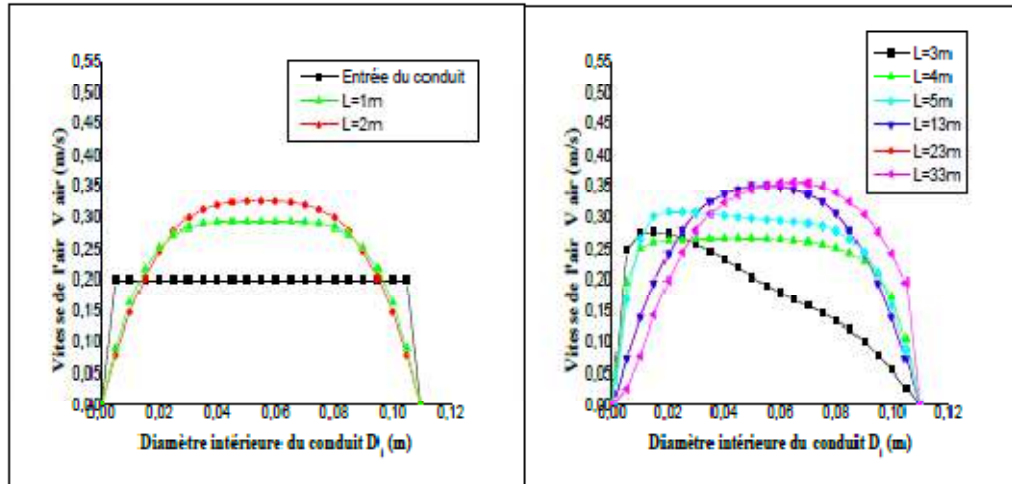
الشكل (16.4): التغير في درجة حرارة الهواء بدلالة الطول عند ($Re = 1000$).

يوضح الشكل (16.4) عند $Re = 1000$ ، تباين درجة حرارة الهواء من المدخل إلى مخرج الأنبوب بدلالة الطول للمبادل الحراري الهوائي الأرضي، بحيث نرى أن المنحنى يشير إلى انخفاض في درجة حرارة الهواء خلال 10 أمتار الأولى، بفارق في درجة الحرارة يصل إلى 24 درجة مئوية ثم تستمر درجة حرارة الهواء في الانخفاض إلى قيمة 20 درجة مئوية خلال 10 م الموالية ، ولكن بعد هذا الطول لم يلاحظ أي اختلاف في درجة الحرارة، حتى كانت هناك زيادة في درجة حرارة الهواء من طول 33 م لتصل عند المخرج إلى درجة حرارة 33 درجة مئوية ، وهذا بسبب الاتجاه الرأسي للأنبوب الذي يتأثر بحرارة التربة الدافئة، هذه القيمة لديها فارق 12 درجة مئوية بين المدخل و المخرج .

2.10.4 الحالة الثانية $Re = 1500$:

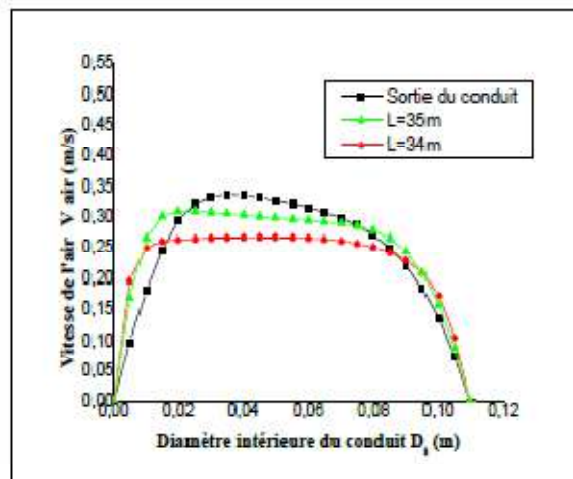
تغير السرعة:

يوضح الشكل (17.4) عند $Re = 1500$ ، تغير سرعة الهواء في عدة أقسام من المبادل الهوائي الأرضي عند المدخل، وفي المنتصف، وعند المخرج.



a) le conduit vertical d'entrée (Re =1500)

b) le conduit horizontal (Re =1500)

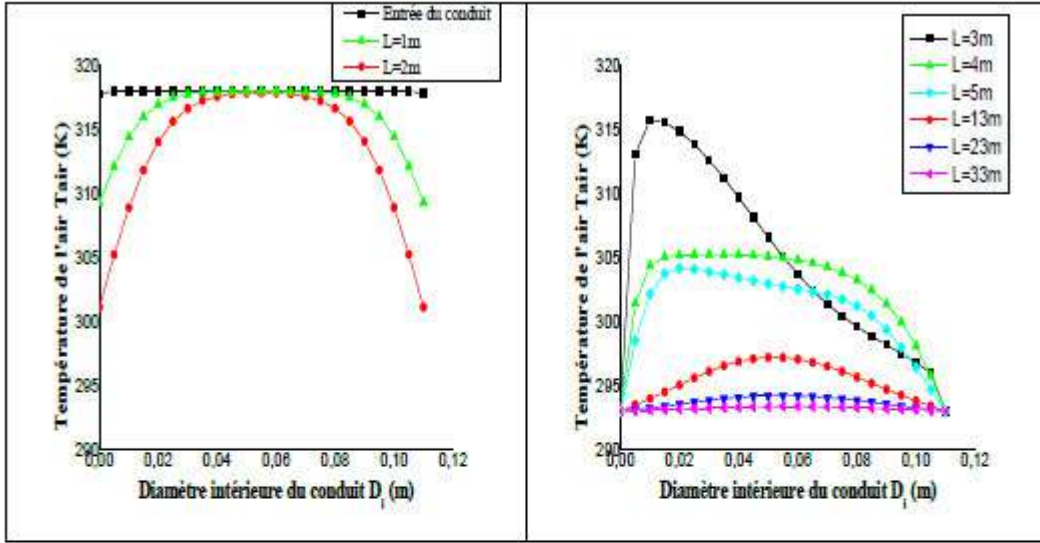


c) le conduit vertical de sortie (Re =1500)

الشكل (17.4): مظهر سرعة الهواء في المبادل الحراري (Re = 1500)

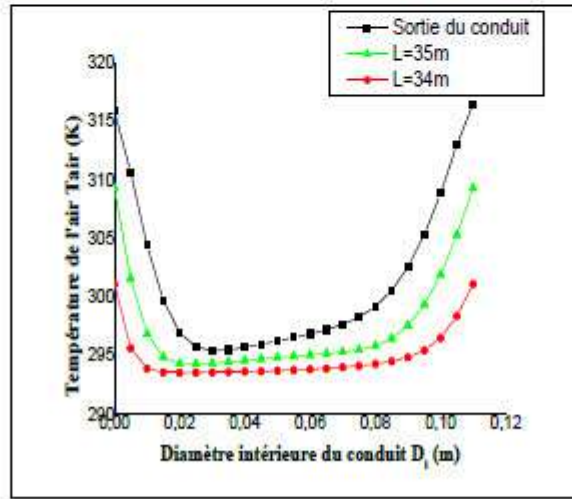
ملاحظ درجة الحرارة:

تمثل المنحنيات التالية تغير درجة حرارة الهواء عند $Re = 1500$ ، في العديد من أقسام المبادل الحراري الهوائي الأرضي من المدخل إلى المخرج.



a) le conduit vertical d'entrée ($Re = 1500$)

b) le conduit horizontal ($Re = 1500$)



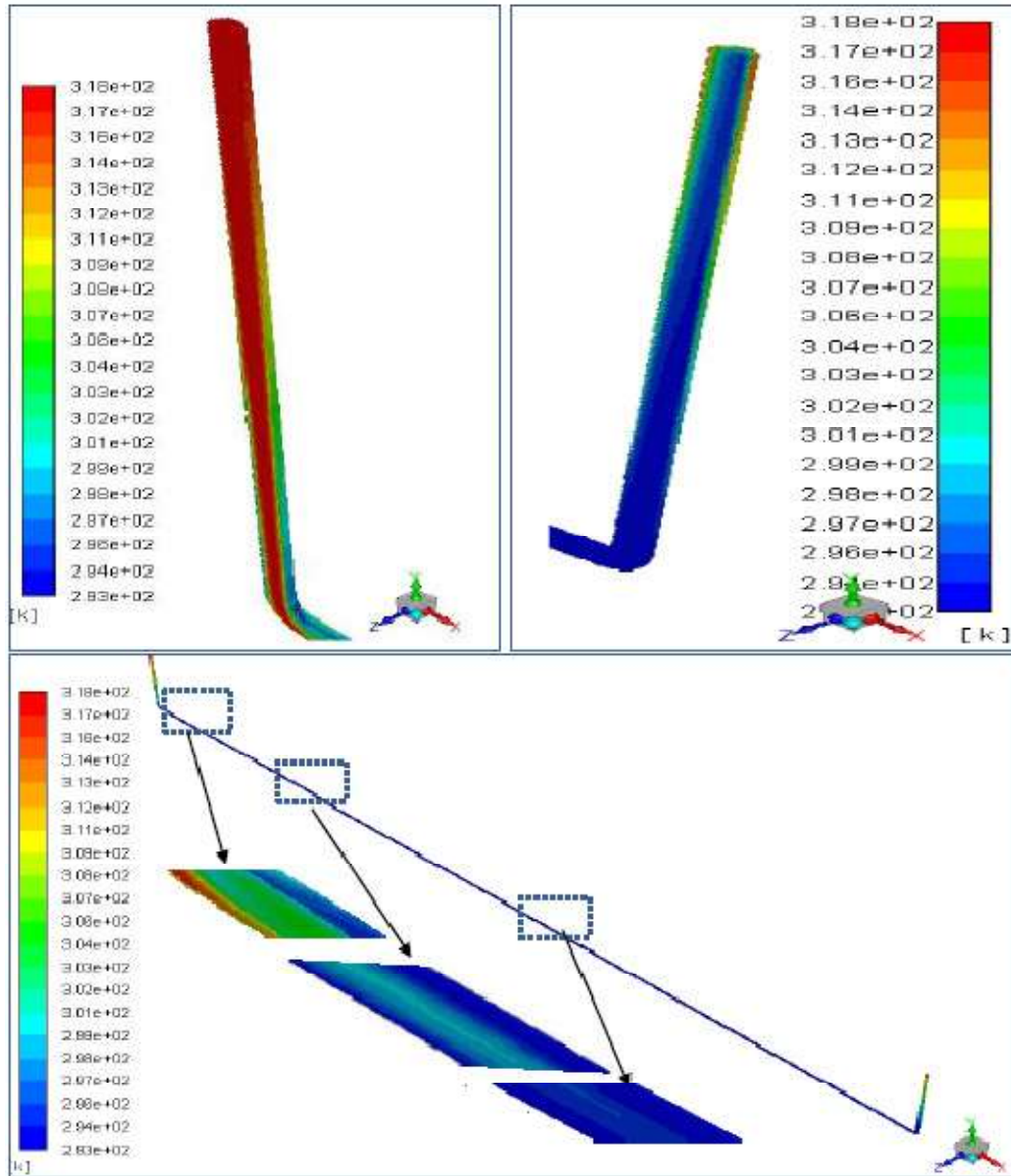
c) le conduit vertical de sortie ($Re = 1500$)

الشكل (18.4): مظهر درجة حرارة الهواء في المبادل الحراري ($Re = 1500$)

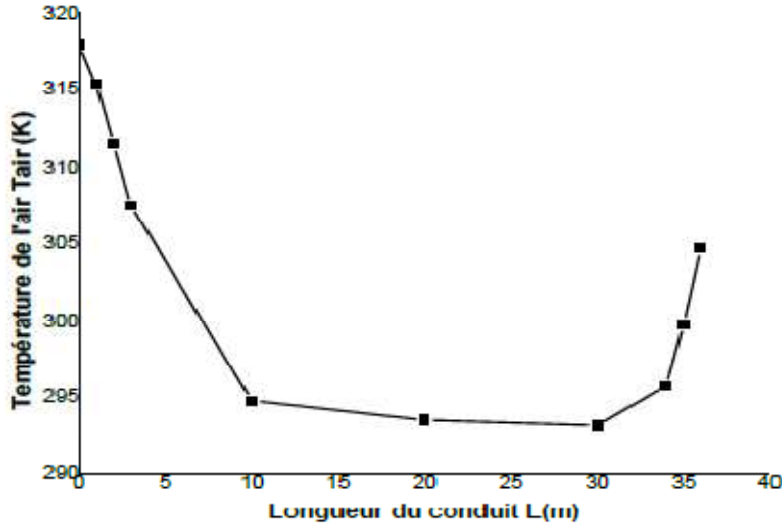
مجالات درجة الحرارة:

يمثل الشكل التالي حقول درجة حرارة الهواء لمختلفة المناطق عبر طول المبادل من

المدخل إلى المخرج عند $Re = 1500$.



الشكل (19.4): توزيع الحرارة في حالة ($Re = 1500$)



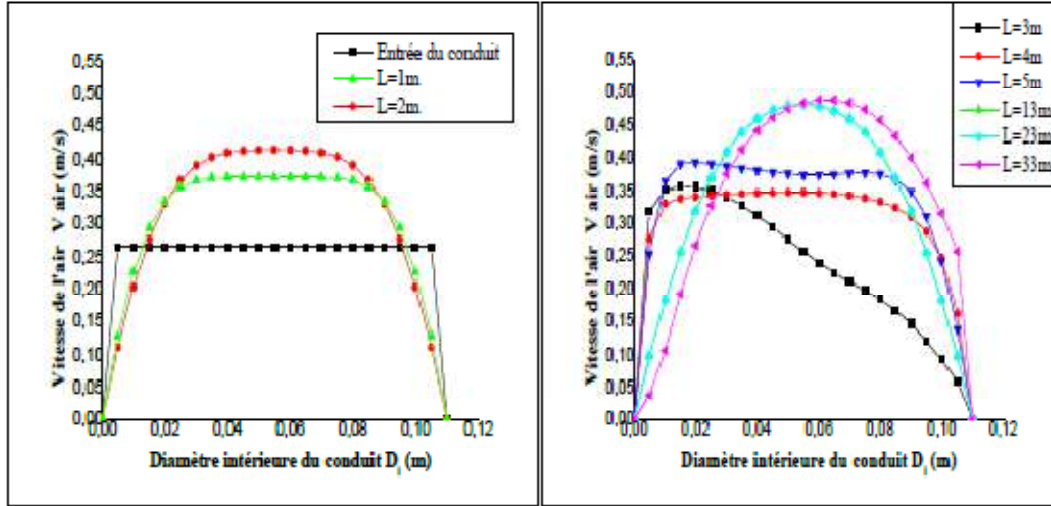
الشكل (20.4): التغير في درجة حرارة الهواء بدلالة الطول عندما ($Re = 1500$)

يوضح الشكل (20.4) في حالة $Re = 1500$ ، تباين درجة حرارة الهواء من مدخل إلى مخرج الأنبوب بدلالة الطول للمبادل الهوائي الأرضي ، يمكن ملاحظة أن المنحنى يسجل انخفاضا في درجة حرارة الهواء على طول 10 أمتار الأولى ، مسجلا بذلك فارقا في درجة الحرارة يصل إلى 25 درجة مئوية مقارنة مع مدخل المبادل الحراري، ثم تستمر درجة حرارة الهواء في الانخفاض إلى قيمة 20 درجة مئوية عند الطول البالغ 25 متراً، ولكن بعد هذا الطول لم يلاحظ أي تغير في درجة الحرارة إلى غاية 33 م، حيث كانت هناك زيادة في درجة حرارة الهواء، لتصل إلى 32 درجة مئوية في مخرج المبادل الحراري ، وهذا بسبب الاتجاه الرأسي للأنبوب الذي يتأثر بدرجة التربة الدافئة، هذه القيمة لديها فارق 13 درجة مئوية بين المدخل و المخرج.

3.10.4 الحالة الثالثة $Re = 2000$:

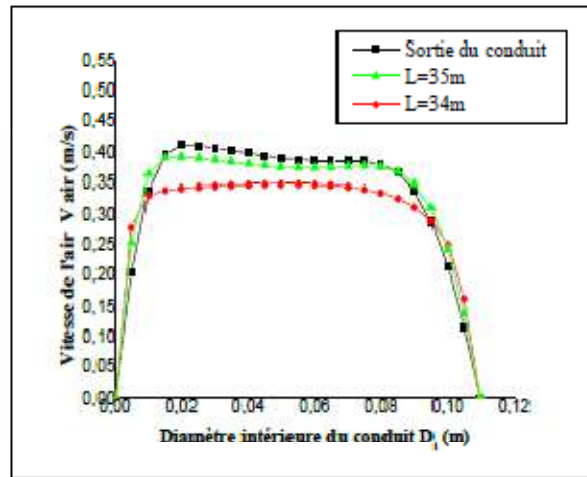
تغير السرعة:

يوضح الشكل (21.4) تغير سرعة الهواء في عدة أقسام من المبادل الهوائي الأرضي عند المدخل ، وفي المنتصف ، وعند المخرج، في حالة $Re = 2000$.



a) le conduit vertical d'entrée (Re =2000)

b) le conduit horizontal (Re =2000)



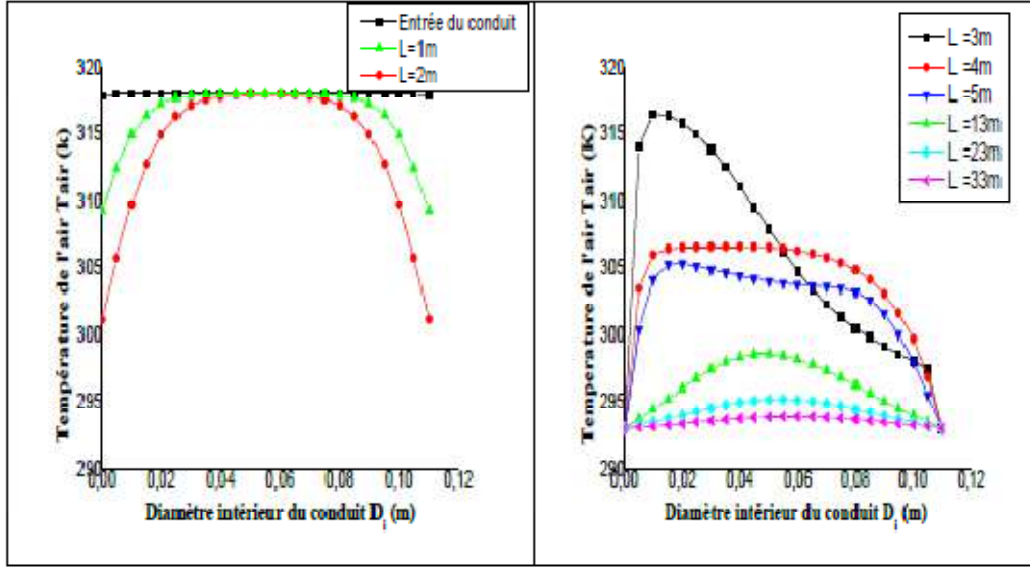
c) le conduit vertical de sortie (Re =2000)

الشكل (21.4): مظهر سرعة الهواء في المبادل الحراري (Re = 2000)

ملاح درجة الحرارة:

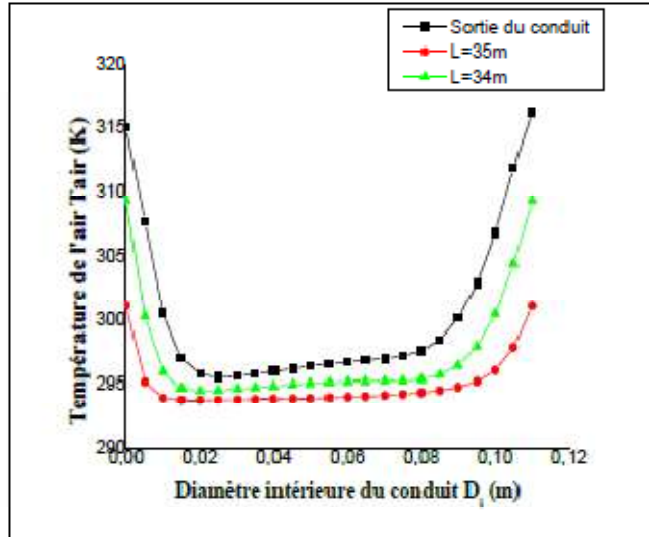
تمثل المنحنيات التالية تغير درجة حرارة الهواء عند $Re = 2000$ ، في عدة أقسام من

المبادل الحراري الهواء الأرضي من المدخل إلى المخرج.



a) le conduit vertical d'entrée ($Re = 2000$)

b) le conduit horizontal ($Re = 2000$)

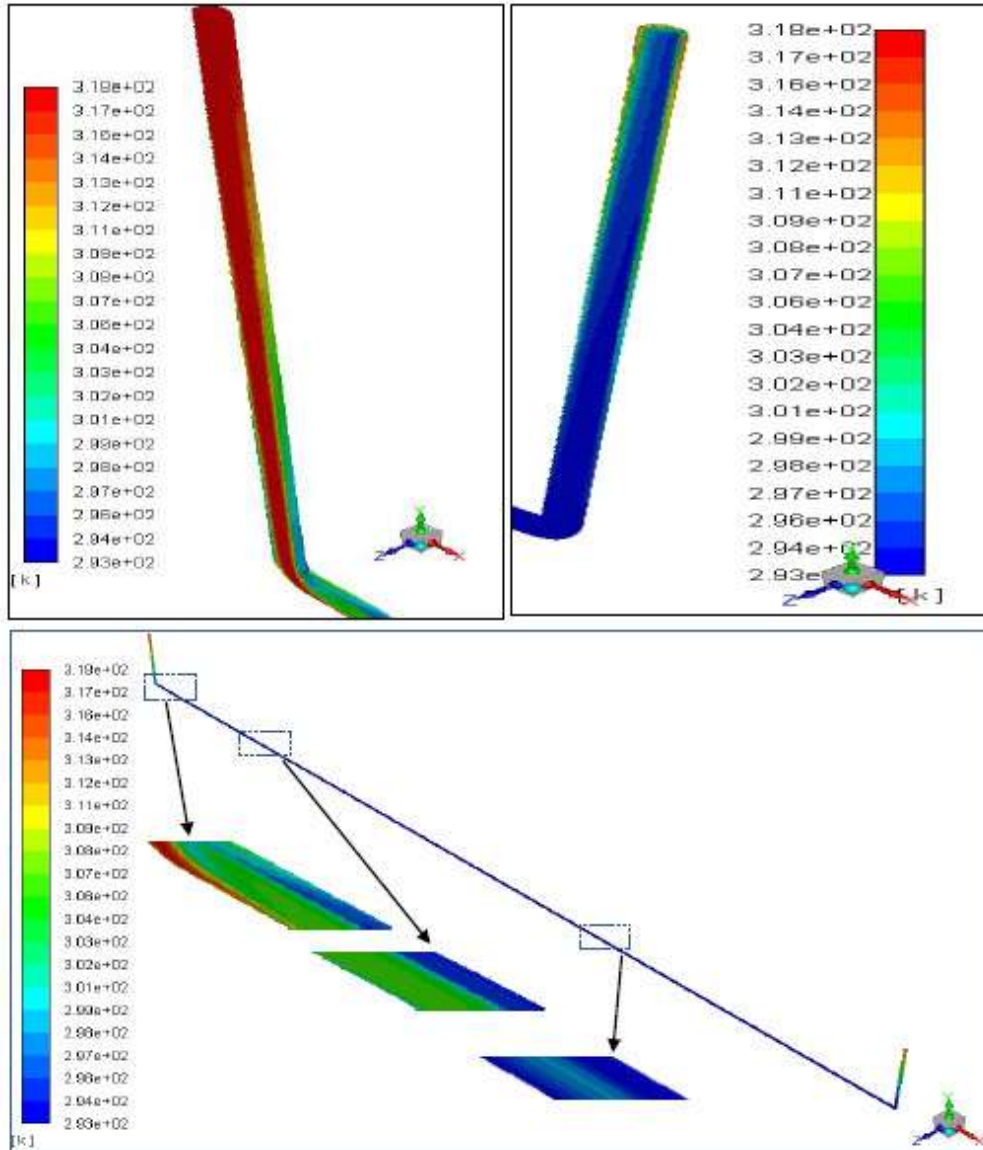


c) le conduit vertical de sortie ($Re = 2000$)

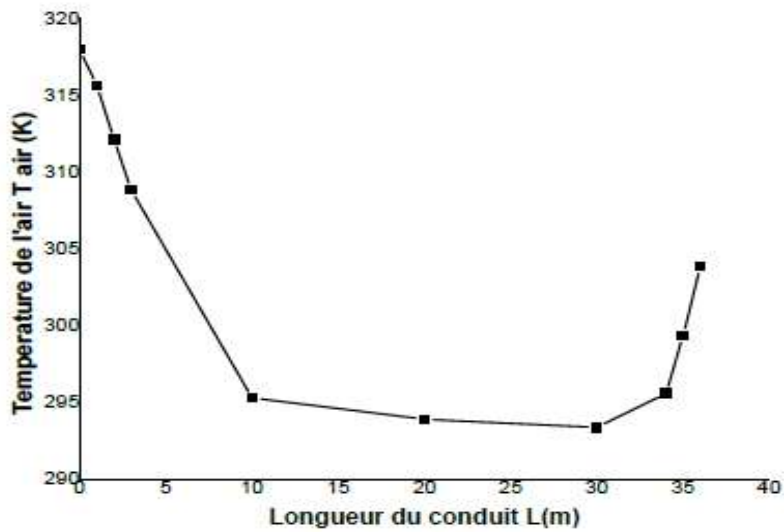
الشكل (22.4): مظهر درجة حرارة الهواء في المبادل الحراري ($Re = 2000$)

مجالات درجة الحرارة:

يوضح الشكل التالي حقول درجة حرارة الهواء لمختلفة المناطق على طول المبادل الحراري من المدخل إلى مخرج $Re = 2000$.



الشكل (23.4): توزيع الحرارة في حالة ($Re = 2000$)



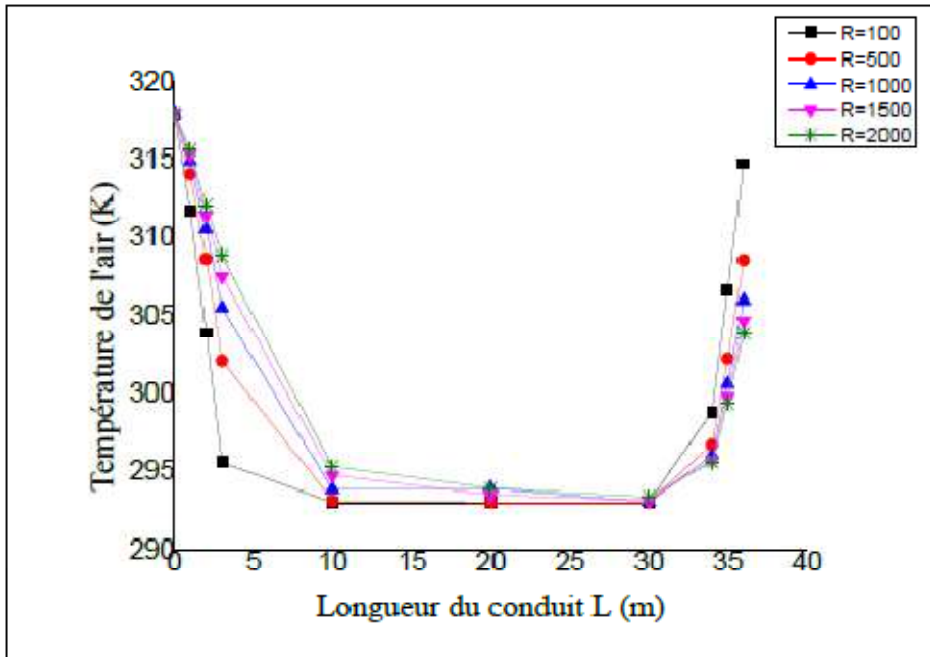
الشكل (24.4): التغير في درجة حرارة الهواء بدلالة الطول عندما $Re = 2000$

يوضح الشكل (24.4) في حالة $Re = 2000$ ، تباين درجة حرارة الهواء من المدخل إلى مخرج بدلالة طول المبادل الحراري الهوائي الأرضي، يمكن ملاحظة أن المنحنى يسجل انخفاضا في درجة حرارة الهواء على طول 10 أمتار الأولى ، مع اختلاف في درجة الحرارة قدره 23 درجة مئوية مقارنة مع مدخل المبادل الحراري.

ثم تستمر درجة حرارة الهواء في الانخفاض إلى قيمة 20 درجة مئوية على طول 30 متر، و بعد هذا الطول لم يلاحظ أي تغير في درجة الحرارة إلى غاية 33 م بحيث تبدأ في الزيادة مرة أخرى إلى غاية 31 درجة مئوية في مخرج المبادل الحراري ، ويرجع ذلك بسبب الاتجاه الرأسي للأنبوب الذي يتأثر بحرارة التربة الدافئة، مكونة بذلك فارقا قدره 14 درجة مئوية بين المدخل و المخرج.

11.4 ملخص:

يمثل الشكل التالي التغير في متوسط درجة حرارة الهواء بدلالة طول المبادل الحراري الهوائي الأرضي من أجل عدة قيم لعدد رينولدز، نلاحظ بأن درجة حرارة الهواء الخارجة تنخفض كلما زاد عدد رينولدز.



الشكل (25.4): التغير في متوسط درجة حرارة الهواء

بعد المحاكاة ، أظهرت النتائج المختلفة التي تم الحصول عليها في هذه الحالة أن درجة حرارة الهواء في مخرج المبادل الحراري تنخفض كلما زاد عدد رينولدز ، وفي حالة عدد رينولدز يساوي 2000 ، وجدنا أفضل قيمة لدرجة حرارة الهواء الخارج من المبادل الحراري الهوائي الأرضي $T = 31$ درجة مئوية بفارق يقدر ب 14 درجة مئوية بين المدخل و المخرج .

تعد هذه النتيجة مهمة للغاية إذا تم دمج مخرج المبادل الحراري الهوائي الأرضي مع مدخل لمأوى الاتصالات ، بحيث تعد هذه التقنية مهمة جدا في خفض درجة الحرارة الداخلية لمأوى لاتصالات، و بالتالي الإسهام بشكل كبير في خفض استهلاك الطاقة ، لاسيما في المناطق المعزولة.

12.4 تغذية مأوى الاتصالات بالطاقة المتجددة:

قد كان لاستخدام الطاقة الشمسية في مجال الاتصالات السلكية و اللاسلكية الأثر الكبير في توسيع دائرة الاتصالات و نقل المعلومات، إذ أن العقبة الرئيسية التي تواجه محطات الاتصالات هو إمدادها بالطاقة اللازمة للتشغيل؛ لاسيما في المناطق المعزولة ، يعد استخدام الطاقة الشمسية شائعا بحيث تستعمل فيها الخلية الشمسية لتحويل الطاقة الشمسية مباشرة إلى طاقة كهربائية دون أي تعقيد في عملية التحويل أو أي آثار سلبية على البيئة، مع إمكانية تركيبها في الأماكن المعزولة.

سنقوم بإجراء دراسة لتحديد حجم وقدرة محطة اتصال معزولة تعمل بالطاقة الشمسية، بحيث يتم دمج المأوى مع مبادل حراري هوائي أرضي ليحل محل المكيفات الهوائية.

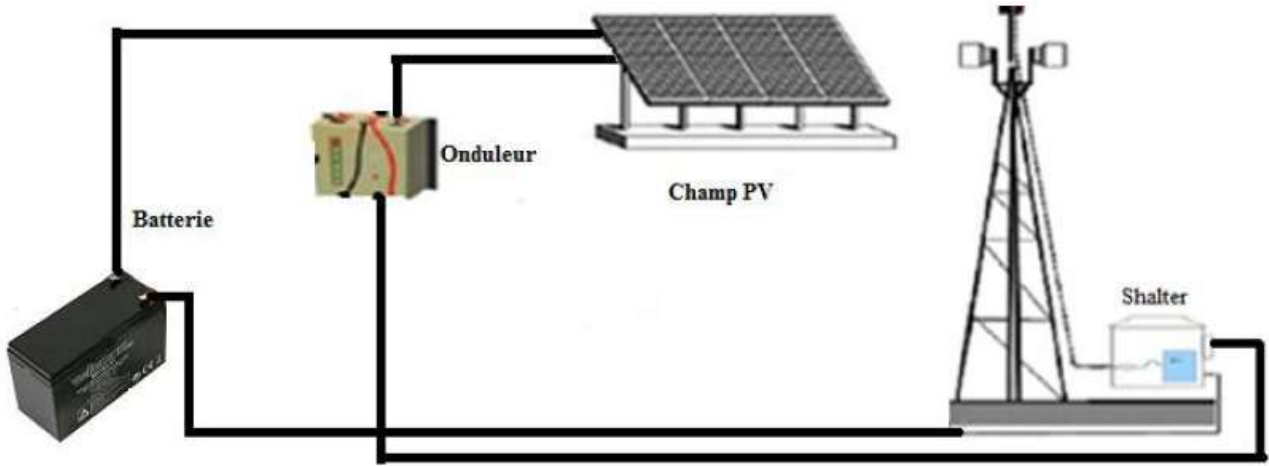
1.12.4 نظام الطاقة الشمسية:

يمكن تحويل أشعة الشمس مباشرة إلى تيار كهربائي بفضل التأثير الكهروضوئي، وذلك عن طريق امتصاص أشعة الشمس وتحويلها إلى طاقة كهربائية، ثم تجمّع الطاقة وتنقل من أجل استخدامها كمصدر لتزويد محطة الاتصالات بالطاقة الكهربائية ، كما يمكن تخزينها من أجل

الاستهلاك لاحقاً، بحيث يقدر تدفق الإشعاع الشمسي ب: 1000 واط/متر مربع [46] ، و الذي يتأثر بالعوامل التالية:

- ◀ الموقع الجغرافي (خط الطول و دائرة العرض).
- ◀ المدة الزمنية خلال السنة.
- ◀ المدة الزمنية التي يتم أخذها بعين الاعتبار خلال اليوم.
- ◀ طبيعة السحاب.

يوضح الشكل (26.4) تزويد محطة الاتصال بالألواح الشمسية



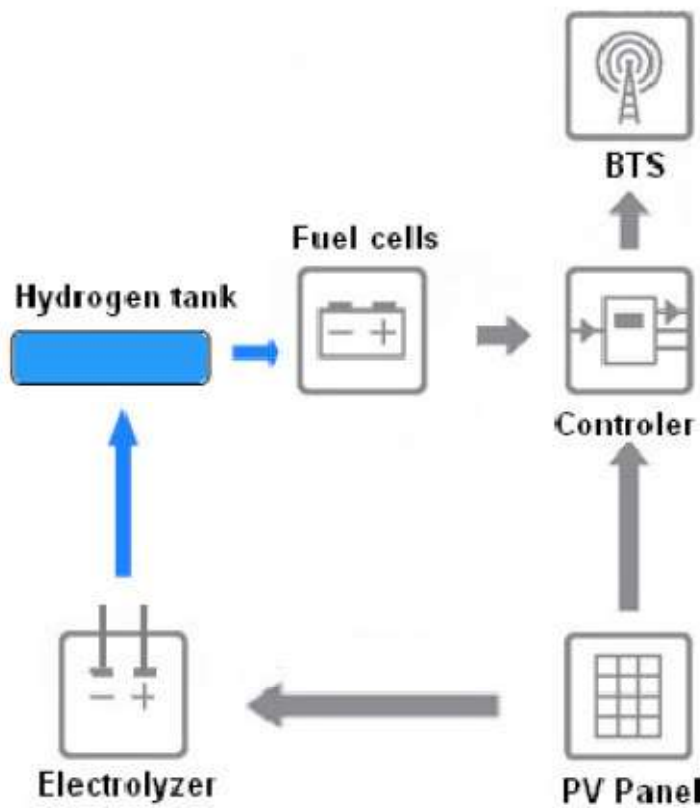
الشكل (26.4): تزويد محطة الاتصال بالألواح الشمسية، و التخزين عن طريق البطاريات

2.12.4 مكونات نظام الطاقة الشمسية:

◀ الألواح الشمسية: تعتبر هي المكوّن الأساسي للنظام، ويتم استخدامها في تجميع أشعة الشمس الساقطة والموجّهة نحو سطح الأرض، ليتم تحويلها إلى طاقة كهربائية على شكل تيارٍ مستمر، حيث يتم تجميع عدد من الألواح الشمسية على التسلسل و على التفرع وصفّها بجانب بعضها البعض مُشكّلةً المولد الكهروضوئي (PV)، و للألواح الشمسية عدة أنواع تبعاً لنوع اللوح الشمسي و كمية الطاقة المرجو توليدها.

تخزين الطاقة: عادة ما يتم تخزين الطاقة في الأنظمة الكهروضوئية المستقلة عن طريق البطاريات، بحيث تستخدم في تخزين الكهرباء المتولدة من الألواح الشمسية، بينما تكمن أهميتها في تزويد المحطة بالكهرباء في الليل وفترات الشمس الضعيفة.

كما توجد طريقة أخرى للتخزين و ذلك عن طريق نظامًا متصلًا بالتحليل الكهربائي للماء لإنتاج الهيدروجين، ليتم استغلاله في فترات الظلام؛ بحيث يتم تغذية خلايا الوقود المخزنة بواسطة الهيدروجين لتزويد المحطة بالكهرباء انظر الشكل (27.4)



الشكل (27.4) : تزويد محطة الاتصال بالألواح الشمسية، و التخزين عن طريق الهيدروجين

[47].

منظم الشحن:

يعد منظم الشحن من أهم مكونات النظام الشمسي ذاتي التغذية، بحيث يتحكم في شحن البطاريات، و يقوم بحماية البطاريات من الشحن الزائد عن طريق التحكم بكمية التيار المتدفق نحوها من الألواح الشمسية، مما يطيل من عمرها ويحميها من التلف، كما يمكنه

إجراء البحث عن نقطة التشغيل القصوى للطاقة (Max Power Point Tracker) (MPPT).

المحول: يعد المحول ضرورياً لعمل الأجهزة التي تعتمد في عملها على التيار المتناوب، بحيث يقوم بتحويل التيار المستمر الناتج عن الألواح الشمسية أو المخزن في البطاريات إلى تيارٍ متناوب.

3.12.4 حساب طاقة الذروة وعدد الوحدات الكهروضوئية:

بمعرفة احتياجات الطاقة الكهربائية للمحطة ، يتم حساب متوسط معدل الإشعاع اليومي على مستوى المولد الكهروضوئي ، بحيث يتم حساب طاقة الذروة للمحطة بالعلاقة التالية [45]:

$$P_{cc} = \frac{G}{F_m [1 - \gamma (T_{moy} - T_r)] \overline{H}_{cp} (\beta)} \cdot \frac{E_m}{\eta_{Ond}} \quad (1.4) \text{ المعادلة}$$

الإشعاع الشمسي القياسي (1000 واط / م ²).	G
عامل الاقتران، بشكل عام عندما نستخدم MPPT يتم أخذ هذا العامل 0.9	F_m
معامل درجة الحرارة للخلايا البلورية الأحادية $\gamma = 0.004$	
المتوسط اليومي لدرجة الحرارة المحيطة خلال الفترات المشمسة	T_{moy}
درجة الحرارة المرجعية 25 درجة مئوية (مقدمة من الشركة المصنعة)	T_r
متوسط الإشعاع اليومي على ميل الوحدات	$\overline{H}_{cp} (\beta) \left[\frac{wh}{m^2} \right]$
كفاءة المحول (عموماً $\eta_{Ond} = 0.95$)	η_{Ond}

باختيار الطاقة P_{cm} للوحدة المستخدمة في التثبيت، يمكننا حساب عدد الوحدات التي تتطلبها المحطة بالعلاقة التالية:

المعادلة (2.4)

$$Nm = \frac{P_{cc}}{P_{cm}}$$

سنقوم في هذه الدراسة باستخدام الوحدة الكهروضوئية التي تحمل الخصائص التالية:

الجدول (4.4): الخصائص الانتقائية للوحدة الكهروضوئية

الخصائص	القيمة
الاستطاعة	300 Wc
درجة الحرارة المرجعية	25 °C
التوتر الطبيعي	6 V
درجة حرارة التشغيل	40~+85
مجال الخطأ في الاستطاعة	±3%
التيار العادي	33 A
تيار الدائرة القصيرة	33 A
جهد الدائرة المفتوحة	3.2 V
الوزن	3kG

← حساب احتياجات الطاقة الكهربائية للمحطة:

يتم حساب احتياجات الطاقة لمحطة الاتصالات من خلال متوسط الاستهلاك اليومي للديزل من مجموعة المولدات في محطة معزولة، نلاحظ بأن هناك اختلافات في الاستهلاك بين المحطات بسبب نوع المولد المستخدم والتوقف لبعض المحطات بسبب أعمال الصيانة، لذلك نأخذ متوسط قيمة الاستهلاك ، ونحول الاستهلاك من كمية الديزل باللتر إلى الواط ساعي.

باعتبار أن مدة إنتاج الطاقة عبر المولد الكهروضوئي تكون خلال النهار بعد حوالي ساعتين من الشروق و تتوقف عن الإنتاج قبل ساعتين من غروب الشمس [45] ، فتكون الطاقة التي ينتجها المولد الكهروضوئي خلال النهار هي حوالي ستة ساعات كحد أدنى خلال أيام السنة، فتكون

القيمة المطلوب إنتاجها تعادل ربع القيمة التي يستهلكها مولد الديزل، ثم نضيف إليها كمية الطاقة التي تحتاجها البطاريات للشحن.

$$E_{\text{diesel}} = \text{PCI} * L \quad \text{المعادلة (3.4)}$$

PCI : أقل استطاعة حرارية حجمية تساوي (KJ/L) 35000 [14].

L : حجم الديزل (L)

ثم نحسب الطاقة الكلية التي ينتجها المولد بالعلاقة:

$$E_{\text{groupe}} = E_{\text{diesel}} * \eta \quad \text{المعادلة (4.4)}$$

η : مردود المولد 20% [48]

الجدول (5.4): تحويل متوسط الاستهلاك اليومي من الديزل إلى (واط ساعي)

الأشهر	حجم المازوت باللتر	كمية الاستهلاك بالواط ساعي	الاستهلاك خلال النهار بالواط ساعي E_{jour}
جانفي	12.7	24700	6175
فيفري	15.62	30380	7595
مارس	15.08	29335	7333.75
أفريل	17.92	34350	8587.5
ماي	18	36160	9040
جوان	21	39450	9862.5
جويلية	21.35	41510	10377.5
أوت	23.89	48000	12000
سبتمبر	20.42	39700	9925
أكتوبر	16.58	32250	8062.5
نوفمبر	14.4	28000	7000
ديسمبر	13.23	25730	6432.5

← سعة البطاريات :

يتم حساب سعة تخزينية البطاريات C_{acc} عن طريق كمية الطاقة التي تستهلكها الأجهزة خلال الفترة التي لا ينتج فيها المولد الكهروضوئي الطاقة $Em(nuit)$ ، في حالة فترات التشميس الضعيفة، بالإضافة إلى عدد الأيام التي يمكن للنظام العمل فيها بشكل مستقل J_{raut} عن نظام توليد الطاقة، وذلك خلال الأيام التي تكون نسبة الإشعاع فيها ضعيفة بسبب الغيوم مثلاً؛ في حالتنا نأخذ يوماً واحداً.

حساب كمية الطاقة التي تستهلكها الأجهزة خلال الفترة التي لا ينتج فيها المولد الكهروضوئي الطاقة $Em(nuit)$: لحساب هذه الكمية؛ نأخذ بعين الاعتبار بأن تكييف الهواء سلبي للمأوى عن طريق المبادل الحراري الهوائي الأرضي، ثم نقوم بعد ذلك بتقسيم استهلاك الطاقة في هذه الفترة إلى قسمين بحيث :

المعادلة (5.4)

$$Em(nuit) = E_v + E_{BTs}$$

القسم الأول: هو استهلاك المراوح التي تعمل على تهوية المأوى E_v ، بحيث نستخدم مروحة ذات الاستهلاك $(10 V * 5 A)$ ، ثم نقوم باختيار المدة الزمنية التي تم التشغيل فيها من خلال ما قدمه ذ.بوبر [45].

الجدول (6.4): استهلاك المراوح E_v بالواط ساعي.

الأشهر	جانفي	فيفري	مارس	أفريل	ماي	جوان	جويلية	أوت	سبتمبر	أكتوبر	نوفمبر	ديسمبر
مدة [] تشغيل ب [] ساعة	17.5	17	16.5	16	15	14	14	14	15	16	16.5	17.5
ب [] واط E_v ساعي	875	850	825	800	750	700	700	700	750	800	825	875

القسم الثاني: هو استهلاك أجهزة BTS للطاقة كما يوضحه الجدول التالي:

الجدول (7.4) : استهلاك أجهزة BTS [45].

الأشهر	بإواط ساعي E_{bts}
جانفي	14160
فيفري	13920
مارس	13320
أفريل	12720
ماي	7800
جوان	11040
جويلية	11040
أوت	11040
سبتمبر	7800
أكتوبر	12720
نوفمبر	13320
ديسمبر	14160

ثم نقوم بحساب سعة تخزينية البطاريات C_{acc} وفق المعادلة التالية:

المعادلة (6.4)

بحيث:

V_{acc} : الجهد الأعلى للشحن (2 فولت، 6 فولت، 12 فولت)، في حالتنا، نختار بطاريات جهدها الأعلى للشحن هو 12 فولت.

η_{acc} : كفاءة البطارية (عادة من 75% إلى 90%).

DM : نسبة تفريغ البطاريات بين 20% و 80%.

يمكن كتابة الطاقة التي توفرها البطارية على النحو التالي

المعادلة (7.4)

مع E : الطاقة التي ينتجها نظام التخزين.

◀ حساب عدد البطاريات :

يتم حساب عدد البطاريات عن طريق العلاقة التالية :

المعادلة (8.4)

C_{bat} : سعة البطارية Ah 150

يعرض الجدول (8.4) نتائج حسابات سعة نظام التخزين وعدد البطاريات لكل شهر، بحيث يتراوح عدد البطاريات بين [7 إلى 13]، من أجل ضمان تشغيل المحطة على مدار العام.

الجدول (8.4): عدد البطاريات

الأشهر	Em(nuit)	η_{acc}	DM	Cacc	N_b	\dot{E}_m
جانفي	15035	0.85	0.8	1842.52	13	26012.11
فيفري	14770	0.85	0.8	1810.04	13	25553.63
مارس	14145	0.85	0.8	1733.45	12	24472.31
أفريل	13520	0.85	0.8	1656.86	12	23391.00
ماي	8550	0.85	0.8	1047.79	7	14792.38
جوان	11740	0.85	0.8	1438.72	10	20311.41
جويلية	11740	0.85	0.8	1438.72	10	20311.41
أوت	11740	0.85	0.8	1438.72	10	20311.41
سبتمبر	8550	0.85	0.8	1047.79	7	14792.38
أكتوبر	13520	0.85	0.8	1656.86	12	23391.00
نوفمبر	14145	0.85	0.8	1733.45	12	24472.31
ديسمبر	15035	0.85	0.8	1842.52	13	26012.11

يعرض الجدول (9.4) عدد الوحدات الكهروضوئية لكل شهر، و التي تم حسابها عن طريق المعادلة (8.4).

الجدول (9.4): عدد الوحدات الكهروضوئية

NB	Tmoy	Hcp(B)	E Totl	الأشهر
21	19	6100	32187.11	جانفي
21	21	6300	33148.63	فيفري
21	26	6070	31806.06	مارس
20	30	6430	31978.50	أفريل
15	35	6540	23832.38	ماي
19	40	6700	30173.91	جوان
19	44	7010	30688.91	جويلية
21	44	6720	32311.41	أوت
17	38	6120	24717.38	سبتمبر
21	31	6000	31453.50	أكتوبر
20	24	6170	31472.31	نوفمبر
23	19	5380	32444.61	ديسمبر

يظهر الجدول (9.4) النتائج التي تحصلنا عليها، والتي نلاحظ من خلالها بأن عدد الألواح يتراوح بين [15 إلى 23]، و لضمان عمل المحطة على مدار السنة نأخذ الحد الأقصى للألواح و هو 23 لوحا.

13.4 الخاتمة:

يعتبر دمج نظام تزويد محطة هاتف يعمل بالطاقة الشمسية مع نظام تبريد سلبي - مبادل حراري هوائي أرضي - حلا جيد لحل مشكلة تزويد المحطات المعزولة بالطاقة، بحيث يصل عدد الألواح إلى 23 لوح من فئة 300 واط، و 13 بطارية ذات سعة 150 Ah .

كما يمكن إدخال بعض التحسينات على نظام التبريد السلبي للزيادة من كفاءة التبريد و ذلك بإضافة عازل حراري حول مخرج المبادل الحراري الهوائي الأرضي حتى نقل من ضياع كمية التبريد.

الفصل الخامس

الفصل الخامس

دراسة متعددة المعايير لانتقاء الحلول المناسبة

1.5 المقدمة :

يقدم هذا الفصل نظرة عامة على تصميم المباني ويشرح كيف يجب أن يمر تصميم المباني متعدد المعايير من خلال حل مشكلة التحسين متعدد الأهداف، و ذلك من خلال عدة طرق مختلفة للتحسين متعدد الأهداف وتفصيلها، كما يتضمن هذا الفصل كذلك وصفاً لتطور المحاكاة خلال العقود السابقة، وقدرات المحاكاة المتاحة حالياً ومناقشة للحالة الحالية لربط المحاكاة بعملية تصميم المباني، لقد زادت محاكاة الحاسوب باستمرار من تطبيقاتها في مجموعة متنوعة من التخصصات الهندسية وأصبحت أداة لا غنى عنها في مجال البناء، بحيث شجعت تكنولوجيا الكمبيوتر التقدم السريع في إجراء الحسابات للتنبؤ بالأداء الحراري ومتطلبات الطاقة للمباني، إن جهوداً كبيرة بذلت في مجال البحث عن تطوير أدوات تصميم المباني التي تكون قادرة على توضيح الآثار المترتبة على قرارات تصميم الطاقة.

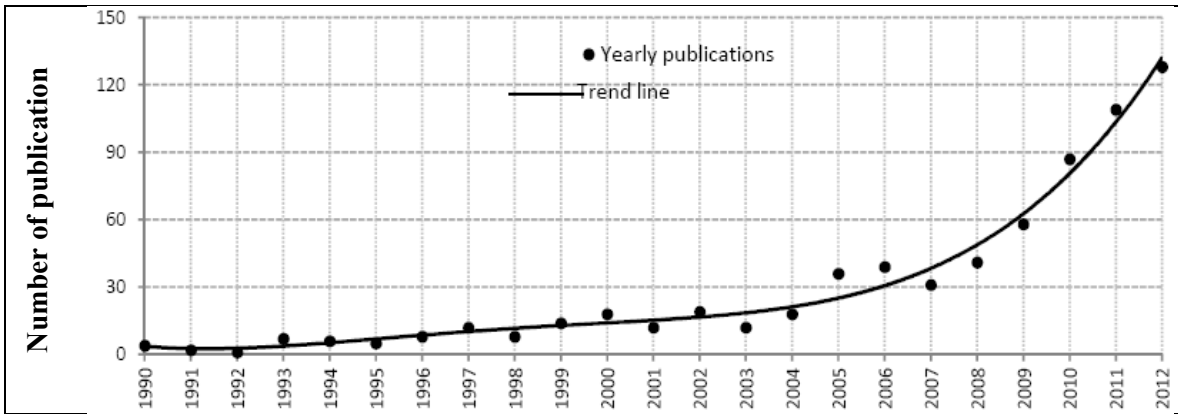
كانت الطريقة التقليدية للتصميم متعدد المعايير للمباني تعتمد على معالجة التخصصات بشكل مستقل ومنتالي، تهدف هذه الطريقة المستخدمة إلى تحسين الحل المرجعي من خلال التكرارات المتتالية ، ولكنها تقتصر على تحسينه و حده و بالتالي؛ فإن الخيارات الممكنة محدودة والحل النهائي ليس بالضرورة هو الأمثل وغالباً ما يعتمد على معيار واحد.

كما أن هناك نوع آخر من البحث التكراري الأكثر تفصيلاً وهو تحديد مجال الاختلاف، حيث يتم تغيير واحد أو اثنين من المتغيرات في وقت واحد خلال كل تكرار أثناء ضبط المتغيرات الأخرى هذه الطريقة أيضاً لا تسمح بالحصول على الحلول المثلى عبر مجال التصميم بأكمله.

بدأ ظهور المشاريع الأولى التي تهدف إلى حل مشاكل التحسين متعدد الأهداف في قطاع البناء في الثمانينيات والتسعينيات بناءً على تطورات كبيرة في العلوم الحسابية وأساليب التحسين

الرياضي ، مع مراعاة استهلاك التدفئة وتكاليف الاستثمار والمعايير المعمارية والراحة البصرية والراحة الحرارية ، والتي تجمع بين أهداف متعدد للاختيار الأمثل للمباني.

أصبح اليوم البحث العلمي في هذا المجال مزدهراً، حيث أن معظم الدراسات في مجال المحاكاة العددية تعمل على الحد من استهلاك الطاقة في المباني كما يوضح (الشكل 1.5) تزايد الدراسات الدولية المفهرسة بواسطة SciVerse Scopus of Elsevier في مجال علوم البناء خلال العقدين الماضيين، كما يمكن ملاحظة أن عدد ورقات التحسين قد زاد بشكل كبير منذ عام 2005، وقد أظهر هذا اهتماماً كبيراً بتقنيات التحسين في مجال البحث.



الشكل 1.5: الاتجاه المتزايد لعدد دراسات تحسين البناء في مجال البحث [49]

2.5 طرق التحسين :

التحسين هو مجال لدعم اتخاذ القرارات حيث نسعى لتحديد أفضل وظيفة لإرشاد صاحب القرار نحو الاختيار الأفضل، بالنسبة لاتخاذ القرار متعددة الأهداف، عادة ما تتعارض الأهداف التي يتم تحسينها مع بعضها البعض، لذلك لا يمكن أن يوجد حل واحدا لهذه المشكلات، بحيث يمكن العثور على مجموعة من الحلول المشتركة التي تمثل أفضل الحلول الممكنة بين الأهداف لمشكلة التحسين.

يتم التعبير عن المشكلة التي يجب حلها بشكل متكرر بالشكل العام لمشكلة التحسين، والتي يحدد فيها الباحث دالة موضوعية، أو دالة تكلفة، التي يسعى الباحث إلى تقليلها أو تكبيرها

إلى أقصى حد من خلال إعداد التقارير لجميع العوامل ذات الصلة، هناك نوعان من أساليب التحسين ، الأول هو التحسين أحادي الهدف ، والذي يعتمد على تصغير أو تكبير وظيفة هدف واحد حيث يكون الهدف هو إيجاد أفضل حل يسمى الحل الأمثل الذي يمكن تعريفه بسهولة في أداء واحد من المشكلة المدروسة. النوع الثاني هو التحسين متعدد الأهداف بحيث يعمل على أن تكون نتيجة تحسين المعايير المتعددة عادة مجموعة متنوعة من الحلول.

نبدأ أولاً بتحديد المفاهيم المشتركة لأي طريقة تحسين:

معيار التحسين:

أو الوظيفة الهدفية هي وظيفة تمثل الهدف المراد تحقيقه في مشكلة التحسين على جميع المعايير، هذه هي الوظيفة التي تحتاج إلى تحسين، ويطلق عليه أيضًا: معيار التحسين ، أو دالة التكلفة ، أو دالة التكيف ، أو الأداء .

في مجال البناء المستدام ، غالبًا ما تكون الأهداف التي نبحث عنها هو التقليل من استهلاك الطاقة والتكلفة الاقتصادية للمبنى ، و وفقًا لـ (Evins 2013) [50] و (2013) Rivallain [51] ، فإن الأهداف تكون في الصدارة في كثير من الأحيان هي:

- الطاقة والتوازن البيئي (لتقليل استهلاك الطاقة)

- التوازن الاقتصادي (لتقليل تكاليف الاستثمار، أو تكلفة التشغيل، أو التكلفة على مدى

دورة الحياة).

-الجوانب الاجتماعية

- الراحة وأهداف أخرى أقل أهمية...

المعلومات:

معلمة مشكلة التحسين، و هي متغير يعبر عن بيانات كمية أو نوعية على أحد أبعاد المشكلة مثل: التكلفة، الوقت... إلخ. تتوافق هذه المعلومات مع متغيرات معيار التحسين، بحيث يتم تعديلها أثناء عملية التحسين للحصول على الحلول المثالية، نسميها أيضًا متغيرات التحسين أو متغيرات التصميم أو متغيرات المشروع.

تعد متغيرات القرار هي المعلمات التي يمكن للمصمم أن يعمل عليها لتحسين المبنى، بحيث يؤثر عدد المتغيرات وطبيعتها ومجال صلاحيتها في النتيجة على التعقيد العام للتصميم وفقاً لـ [50] ، غالباً ما تكون العناصر التالية محل دراسة في مجال محدد لمشاريع المباني المستدامة:

- غلاف المبنى الذي يشمل المتغيرات المتعلقة بالتجميع وسماكة ومواد المكونات المختلفة (الجدران ، النوافذ ، السقف ، الأرض ... الخ).
- هندسة وشكل المبنى الذي يشتمل على الاتجاه ، وتحجيم الواقي من الشمس و النوفذ....الخ
- الواجهات المزدوجة والإضاءة.
- القياس والاختيار والتحكم في أنظمة الطاقة (نظام HAVEC).
- توليد الطاقة و استخدام أنظمة التخزين الحرارية.
- التصميم الكلي للمبنى.

متجه القرار: متجه القرار هو متجه يتوافق مع جميع متغيرات المشكلة.

معيار القرار: هو معيار يتم الحكم به على متجهات القرار لتحديد أفضل متجه ، بحيث يمكن أن يكون المعيار متغيراً للمشكلة أو مجموعة من المتغيرات.

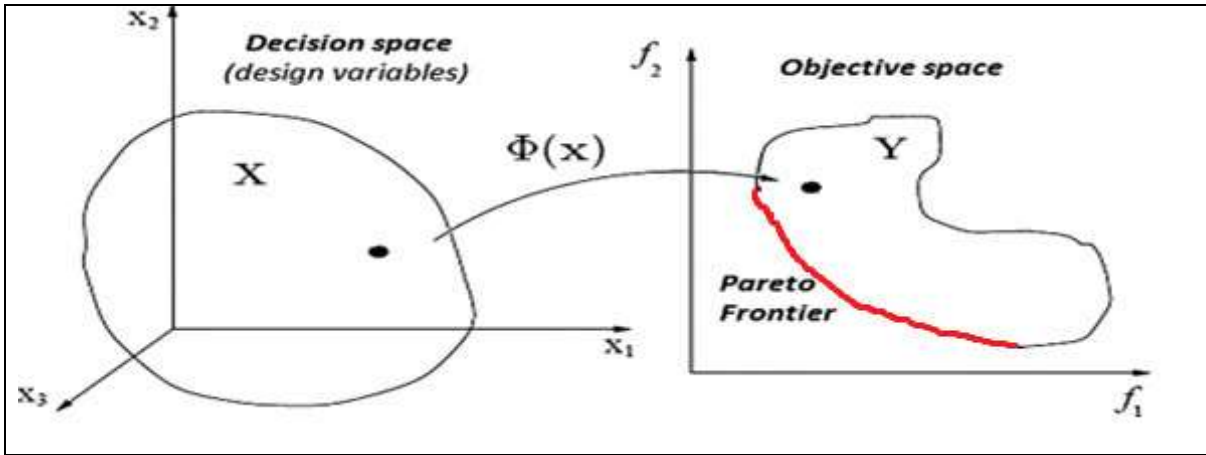
تتعلق المتغيرات الرئيسية للتصميم (Evins ، 2013) عادة بغلاف المبنى والشكل الهندسي وأنظمة التهوية وتكييف الهواء.

القيود: قيد المشكلة هو شرط يجب احترامه بواسطة متجهات القرار للمشكلة.

في مبنى مستدام يمكن أن تكون القيود مختلفة جداً من مشكلة إلى أخرى، ومع ذلك ، فإن معظم الحالات ، يتم تقييد استهلاك الطاقة وشروط الراحة بالمعايير و اللوائح.

مساحة البحث: تمثل جميع القيم التي يمكن أن تتخذها المتغيرات.

فضاء الهدف: تعيين صورة من مساحة البحث، التي تحددها جميع القيم الممكنة لوظائف الهدف



الشكل 2.5 : مساحة البحث والوظائف الموضوعية

من أجل إنشاء أو إعادة تأهيل مستدامة في قطاع البناء، سيكون من الضروري إيجاد حلول فعالة مع مراعاة دورة حياة المبنى بأكملها ، وهذا يعني من تصنيعه حتى نهاية عمره ، والذي يسمح بإدارة معقولة للموارد والآثار، بالنظر إلى العدد الكبير من المعلمات التي يجب أخذها في الاعتبار لتحقيق هذه الدراسة، فإن الاختيار الأمثل من بين العديد من الحلول الممكنة قد يكون مشكلة معقدة للغاية، لذلك سيكون من الضروري تطوير أساليب لدعم اتخاذ القرارات متعددة المعايير مع وقت حساب سريع لتوجيه المصممين وصناع القرار في بناء المشاريع لاتخاذ قرارات منطقية.

غالبًا ما تكون هناك حاجة إلى تحليل المعلمات لاستكشاف خيارات التصميم، خاصةً عندما لا تتوفر طريقة التحسين العالمية، أو تكون نتيجة التحسين موضوعية، يمكن أيضًا تطبيق التحليل المعياري على جميع متغيرات التصميم في وقت واحد، مما يشكل بحثًا شاملاً ، شريطة أن تكون شبكة البحث جيدة بما فيه الكفاية ، وسيضمن حلاً عالميًا مثاليًا، من أجل إجراء تحليلات معقدة على معايير متعددة من القيم البديلة، بحيث تكون هناك حاجة إلى أداة لإنشاء أوامر لتشغيل نموذج المحاكاة ، وجمع النتائج بعد ذلك.

يمكن القول بأن دعم القرار هو مجموعة من التقنيات لتحقيق أفضل خيار بين الحلول الحالية المختلفة وفقًا لمعايير محددة مسبقًا، بحيث يمكن تصنيف هذه الأساليب كأدوات داعمة

لمتخذي القرارات ، حيث يمكنهم تصفية أفضل الحلول الممكنة وإظهار مزايا وعيوب كل منها. بشكل عام ، يتكون إجراء تطبيق طريقة دعم القرار من ثلاث مراحل:

(1) تحديد الهوية؛ في هذه المرحلة الأولى، تشمل الخطوات التالية:

- تحديد المشكلة؛

- تحديد وتعريف متغيرات الدراسة؛

- تحديد الأهداف؛

- حل الطبيعة المتناقضة للمعايير المختلفة (مثل الراحة الداخلية واحتياجات الطاقة

واستهلاك الطاقة وتكاليف الاستثمار ، وما إلى ذلك) ؛

- تحديد الحلول للخطر وتحليل عواقب الحلول.

(2) التقييم؛ مناقشة وتحليل النتائج التي تم الحصول عليها؛

(3) التقييم والقرار: تقييم النتائج و اتخاذ القرار.

يتم تعريف صياغة مشكلة دعم القرار من خلال مساحة البحث ، والفضاء الموضوعي

والعلاقة بينهما، بحيث تمثل مساحة البحث مجموعة الحلول الممكنة التي يتم تعريفها من فواصل

تباين المعلمات الداخلية للمشكلة، يحدد عدد وطبيعة المتغيرات (مستمرة أو منفصلة) حجم وطبيعة

هذه المساحة، بحيث يتميز الفضاء الموضوعي بمعايير القرار، الذي يعبر على وظائف رياضية

تجعل من الممكن تقييم الأداء من الناحية الكمية أو النوعية لحلول المشكلة، يعتمد حجم هذه

المساحة على عدد معايير القرار.

في بناء استهلاك الطاقة، يتم تحديد مساحة البحث من خلال متغيرات الدراسة، والتي قد

تكون معلمات متعلقة بنظم إنتاج غلاف المبنى أو بالطاقة، بينما يتم تحديد المعايير من قبل

صناع القرار من أجل تصميم مبنى مستدام ، يجب أن تؤخذ المعايير الاقتصادية والاجتماعية

والبيئية في الاعتبار، بحيث نستخدم العلاقة بين المجالين؛ و ذلك باستخدام أساليب وأدوات للتنبؤ

بسلوك طاقة المبنى وكذلك الحسابات الاقتصادية والبيئية.

بشكل عام في البناء المستدام ، يسبق قرار المعايير المتعددة التحسين في هذه المنهجية ، بحيث يتم دمج الوظائف الموضوعية في وظيفة موضوعية واحدة، ثم يتم تضمين معايير التفضيل الخاصة بصانع القرار ضمناً في خطوة التحسين، وبالتالي يتم تحديد التسوية المطلوبة قبل تنفيذ تحسين الأسلوب، بحيث يتم تجميع وظائف الهدف ومعايير الاختيار في وظيفة موضوعية واحدة عن طريق التجميع الكامل أو التجميع الجزئي، بعد ذلك تكون مسألة تحسين الوظيفة الفريدة حيث يمكن اعتبار كل هدف تحسيناً متغيراً، وبالتالي يتم تقليل المشكلة إلى مشكلة التحسين أحادي الهدف، تعتبر ميزة هذه الطريقة بأنها مرنة في الاختيار الأمثل، علاوة على ذلك ، إذا تم اختيار طريقة التجميع جيداً ، فإن هذه الطريقة تتمتع بميزة التنفيذ السريع لأنها لا تتطلب سوى تنفيذ واحد لتحقيق التسوية المطلوبة.

في المنهجية الأخرى ، يسبق تحسين المنهجية، القرار الذي يهدف إلى الحصول على مجموعة من الحلول المثلى التي يختار صانع القرار من بينها، ثم يتم دمج معيار التفضيل في الخطوة الأمثل، تهدف هذه الخطوة إلى الحصول على الحلول التي تشكل أفضل حل وسط بين الأهداف المختلفة، تعتبر الميزة الرئيسية لهذه الطريقة هي قدرتها على تحليل الوسط الذي تم الحصول فيه على الأهداف لزيادة المعرفة وفهم المشكلة التي يجب تحسينها، وبالتالي فمن الممكن أن نلاحظ تأثير متغيرات القرار على الأهداف المراد تحسينها، بحيث لا تجعل هذه المنهجية من الممكن الاستغناء عن مستوى عالٍ من الخبرة أثناء خطوة التحسين، و كذلك من العيوب الرئيسية هو أن مساحة الحل تحتفظ بتعقيدها بعد خطوة التحسين، يعد تطوير واستخدام أساليب تحليل متعددة المعايير أمراً ضرورياً لتوجيه اختيار حل وسط يتم تكييفه مع سياق معين، إلا أن استخدام أساليب التحسين أحادي الهدف عادة ما تكون غير مناسبة، فمن الضروري عندئذٍ استخدام طرق أخرى للتحسين متعدد الأهداف [52].

3.5 طرق لانتقاء المتعدد الأهداف :

توجد العديد من طرق التحسين متعدد الأهداف، بحيث تم التعرف على الكثير من هذه الطرق ووصفها.

1.3.5 أساليب الاندماج الأمثل بالضبط:

تعد تقنيات التحسين الدقيق المختلفة ممكنة بما في ذلك أساليب القوة التعدادية، البرمجة الديناميكية، الفروع الملزمة (الفصل والتقييم).

هذه الأساليب في التحسين واضحة ومباشرة وتتطلب قوة حسابية كبيرة، تلك الطرق التي تحاول حساب جميع الحلول الممكنة وتقرر أفضل الحلول فيما بعد، إلا أن هذه الطرق ممكنة فقط للمشاكل الصغيرة ، لأن عدد الحالات المحتملة للنظام يزداد بشكل دالة أسية مع عدد الأبعاد.

الفرع الملزم:

الخوارزمية التعدادية الضمنية، يتم استخدام هذه الطريقة حسب الفرع والملزم إلى حد كبير في حل المشكلات التوافقية الصعبة [53]، يعتمد على تقسيم المشكلة إلى مشاكل فرعية منفصلة، الهدف هو إزالة الحلول الجزئية، لتجنب التعداد الكامل لمساحة البحث، ثم يتم حساب الحدود لكل مشكلة من المشاكل الفرعية وتستمر عملية التقسيم بشكل متكرر حتى يتم تحديد الحل الأمثل؛ تعتبر مجموعة الحلول (و التي تتضمن المشكلات الفرعية المرتبطة) التي تم إنشاؤها ، تسلسل هرمي، وغالبًا ما يطلق عليها شجرة البحث أو شجرة القرارات.

(Ehrgott في 2000) [53] يشير إلى انخفاض تطبيقات هذه التقنية، بحيث يعتبر تكيف الأسلوب بطريقة الفصل والتقييم ليس متاحا دوما، إذ في أغلب الأحيان ترتبط المعايير ارتباطا وثيقا ببعضها البعض، و تكون متداخلة فيما بينها، و عليه فإن هذه الخوارزمية تعتمد إلى حد كبير على مدى فصل المعايير الفرعية و المستقلة، و التي غالبا ما يكون تأثيرها ضعيف على بقية المعايير، و غالبًا ما يصعب التقييم بدون هذه المعايير أو تكون حلولاً سيئة للغاية ، ولا تسمح بتجاهل عدد كافٍ من الحلول الغير فعالة.

* الخوارزمية A

الخوارزمية A * هي خوارزمية بحث لأقصر مسار في رسم بياني بين عقدة أولية وعقدة نهائية، كلاهما معطى، كانت هذه التقنية الدقيق موضوع العديد من التطبيقات في مجال الذكاء الاصطناعي.

من الحالة الأولية ، تستكشف الخوارزمية A * الحالات المجاورة عن طريق اختيار تلك التي يكون أدائها هو الأمثل وذلك بتقييمها من خلال تقدير مجريات الأمور، يتم تقييم المسار الجزئي الذي تمت تغطيته بالفعل على الوظائف الموضوعية للمشكلة، ويتم تقييم وظائف المسار الجزئي المتبقي حتى نقطة النهاية من مقدر التقليل "المسافة" عند الوصول (مثل طول المقطع في خط مستقيم ، حتى العقدة النهائية)، يمكن تذكر المسارات السابقة ؛ بحيث يضمن التراجع في حالة ما إذا كان المسار المقترح تم دراسته من قبل و كان مكلف للغاية.

(استخدم 1983 . Gero . [54] هذه الطريقة لتحسين الاستثمار في التكاليف ومتطلبات التدفئة ومساحة الأرضية في وقت واحد من خلال تغيير هندسة المبنى وخصائص الجدران الزجاجية، تعد الميزة الرئيسية لهذه الطريقة هو ضمان الحصول على أفضل الحلول المتوسطة الموجودة على واجهة باريتو، ومع ذلك يتم الاعتماد على عدد الأهداف؛ المتغيرات وطبيعة الهدف من الوظائف، قد يستغرق البحث الشامل وقتاً طويلاً وغير مقبول (Evins، 2013) و (Machairas. 2014)[55].

2.3.5 طرق التحسين التقريبي :

يعتبر الوقت اللازم لتحقيق التحسين الشامل غير مقبول في معظم الحالات، لذلك فإن البديل هو إجراء تحسين عشوائي داخل فضاء البدائل، كلما كان عدد البدائل التي تم اختبارها أكثر أهمية، زادت فرصة الحصول على مجموعة كبيرة من الحلول الوسطية المثلى لباريتو (Pareto-optimal)، يتطلب التحسين العشوائي عدداً كبيراً من التقييمات للحصول على العديد من الحلول القريبة من الحلول الوسطية المثلى لباريتو، و من أجل الحد من عدد عمليات التقييم الموضوعية في البحث عن حلول غير متحكم فيها، فإنه يمكن استخدام طرق تحسين أخرى تهدف

إلى العثور على حل وسط في مجال التصميم دون تقييم اكتمال الحلول (Armand D. S.) (2015).

إن اختيار تحسين الخوارزمية يعتمد على خصائص المشكلة المراد تحسينها (Nguyen) (2014) نذكر من بينها:

- طبيعة متغيرات التصميم: متغيرات مستمرة، متغيرات منفصلة أو كليهما.
- وجود قيود على الوظيفة الموضوعية.
- طبيعة الوظائف الموضوعية (الخطية أو غير خطية، محدودة أو غير محدودة، مستمر أو غير مستمر ، عدد من الحدود الدنيا المحلية ، وما إلى ذلك).
- توفر المشتقات التحليلية من الدرجة الأولى والثانية للوظائف الموضوعية.
- خصائص المشكلة (ثابتة أو ديناميكية ، إلخ).
- أداء الخوارزميات المحتملة التي لها ميزات مماثلة.

1.2.3.5 الطرق الحتمية :

في حالة حدوث مشاكل مستمرة، فإن استخدام أساليب التحسين الحتمية هو الأكثر كلاسيكية، تتميز هذه الطرق باستكشاف منهجي لمساحة البحث، بحيث تعتمد مجموعة الطرق هذه على الاستغلال المنهجي للحلول التي يتم تنفيذها، تبدأ معظم الخوارزميات في البحث من حل أولي مؤهل، يمكن إيجاد حلاً جديداً في كل تكرار في جوار الحل الحالي ، إذا كان هذا الحل أفضل يصبح هو الحل المشترك، و بإتباع هذا الإجراء ينتهي البحث عندما لا يكون هناك أي تحسن ويعلن أن الحل الحالي هو الأمثل، في هذه الفئة من الطرق، هناك طرق للتقارب نحو الحل الأمثل في جوار الحل الحالي، و تقسيم الطرق الحتمية إلى فئتين: الطرق الحتمية المباشرة و الطرق الحتمية الغير مباشرة.

الطرق الحتمية المباشرة:

نستخدم تقييم الحلول بالنسبة لأهداف الوظائف، وبالتالي لا يتطلب التقييم تعبيراً تحليلياً (Chantrelle، 2010) [56]، تستند الطريقة الحتمية إلى التهيئة ثم التحويلات المتتالية لشكل هندسي (polytope) في البعد $n + 1$ (حيث n هو بُعد المشكلة) من أجل تحديد الحل الأمثل المحلي (Chelouah، 2000) [57]، إلا أن هذه الطريقة تعاني من ازدواجية الحد من ناحية، بحيث يعتمد التقارب نحو المستوى الأمثل على النقطة الأولية في حالة مشكلات التحسين الغير خطية، ومن ناحية أخرى، فإن وصف سطح تسوية متعدد المعايير سيتطلب القيام بتطبيق عدة خوارزميات انطلاقاً من عدة نقاط مختلفة يتم اختيارها بطريقة جيدة، ومع ذلك سيكون تحديدها أمراً صعباً دون معرفة واضحة بالمشكلة.

الطرق الحتمية الغير مباشرة:

على عكس الطريقة الأولى، يتم حساب التدرج والخصائص الرياضية للوظائف الموضوعية، وذلك من أجل تحديد الحل الأمثل المحلي أو حتى العالمي إذا كانت الدوال محدبة، تسمى هذه الخوارزميات بخوارزميات الاتجاه المنحدر، كل منها يحمل اسم اتجاه الهبوط المستخدم (التدرج، التدرج المترافق، نيوتن، إلخ.)، بحيث يتطلب استخدامها عادة وظائف التعبير التحليلي، وانتظام هذه الوظائف قد يكون ممكناً في بعض الحالات (Kilkis، 2006) [58]، عادة ما تكون هذه الطريقة فعالة في الحالة التي تكون فيها الوظيفة "الهدفية" من النوع متعدد الحدود، إلا أن عيب هذه الطريقة هو أن التقارب يعتمد بشكل كبير على اختيار خطوة الإزاحة، بحيث تكون بطيئة للغاية إذا لم يتم اختيارها بشكل جيد، كما يعتمد التقارب نحو الحل الأمثل بشكل كبير على اختيار نقطة البداية، خاصة في حالة الوظائف الغير محدبة.

هناك طريقة واحدة لتجنب مشكلة التقارب نحو الحل الأمثل المحلي وذلك باستخدام الأسلوب المتعدد، بحيث تعتمد هذه الطريقة على مبدأ البحث من عدة نقاط في مساحة البحث، قبل بدء عملية البحث، من الضروري إنشاء شبكة من مساحة البحث، تعتمد فعالية هذه الطريقة على التوافق الجيد بين الشبكة وشكل وظيفة الهدف، فإذا كان حجم الشبكة كبيراً جداً، فستكون

احتمالية العثور على إجمالي الحل الأمثل منخفضة لأنه لن تتم معالجة كل المجالات إلا إذا كانت الشبكة صغيرة جدًا ، فسيكون البحث الكلي غير فعال نظرًا لوجود عدة نقاط في نفس المجال وستتلاقى نحو نفس المستوى الأمثل.

نلاحظ كملاحظة عامة أنه باستثناء مشاكل التحسين الخطية (بحيث يكون الحل الأمثل المحلي هو الحل الأمثل العام) ، يمكن رفع حد التقارب نحو الحل الأمثل العام لمشاكل التحسين الغير خطية، و ذلك بتكرار عملية التحسين عدة مرات بنقطة بداية مختلفة، يجب أن يكون اختيار شبكة مساحة المجال دقيقًا بما يكفي ليكون فعالاً، وإلا لا يمكن ضمان التقارب نحو المستوى الحل الأمثل المحلي، تعتمد فعالية هذه الطريقة على التوافق الجيد بين الشبكة وشكل الهدف، فإذا كان حجم الشبكة كبيراً جدًا ، فستكون احتمالية العثور على إجمالي الحل الأمثل منخفضة حيث لن تتم معالجة بعض المجالات، أما إذا كانت الشبكة صغيرة جدًا ، فسيكون البحث العام غير فعال نظرًا لوجود عدة نقاط في نفس المجال وستتلاقى نحو نفس المستوى الأمثل.

تسمح النماذج (Metamodels) عمومًا بإنشاء نماذج مبسطة لحسابات التدرج العددي و ذلك بفرض استمرارية الوظائف، لذلك يمكن تناول هذه النماذج من خلال نماذج متدهورة (كثيرة الاستيفاء) تقي بالشروط التقييدية نسبيًا، و لتطبيق خوارزميات التحسين هذه، و التي تعتمد على طريقة الضرب أو على طريقة الفوضى متعددة الحدود (Wiener ، 1938) [59]، بحيث يعد التحدي الأساسي في هذا النوع من الطرق هو السيطرة على أوجه عدم اليقين الإضافية التي أدخلها الاستيفاء.

طريقة متجه الدعم (SVM): هي خوارزمية تعلم الجهاز الذي يقوم بتحليل البيانات للتصنيف وتحليل الانحدار، إن SVM هي طريقة تعلم خاضعة للإشراف تبحث في البيانات وتصنفها في واحدة من فئتين يقوم SVM بإخراج خريطة للبيانات المصنفة مع الهوامش بين قيمتين متباعدتين قدر الإمكان.

أنتجت عدة نماذج باستخدام طريقة Support Vector Machine (SVM)، من طرف (Eisenhower . 2012) [60].

كما يوجد نموذجا رقميا للمحاكاة الحرارية الديناميكية تم تطويره بموجب برنامج EnergyPlus، و ذلك من أجل تحسين الراحة الحرارية واستهلاك الطاقة في وقت واحد، بحيث يتيح استخدام النموذج تقليل المدة الزمنية للحساب (جزء من الثانية باستخدام نموذج مقابل 15 دقيقة مع النموذج الرقمي على جهاز كمبيوتر الشخصي (CPU 2.8 جيجا هرتز) والحصول على الدوال الموضوعية المتميزة والمستمرة، كما يتم حساب العينة المستخدمة في النماذج الحسابية المؤلفة من 5000 عملية حسابية ، و ذلك بموازنتها في مجالات حسابية مكونة من 184 وحدة حسابية، ثم يتم استخدام طريقتين؛ الطريقة الحتمية للنقاط الداخلية وطريقة البحث العشوائي (MADS (Mesh Adaptive Direct Search)، بحيث تتم مقارنة عدد العمليات الحسابية اللازمة للحصول على الحل الأمثل، مع تعيين الحد الأقصى لعدد التكرارات ب 1 مليون، ثم يتم تحليل الحل الذي تم الحصول عليه بعد 1 مليون تكرار بواسطة طريقة البحث المحلية و ذلك بالاستناد إلى الحل الذي تم الحصول عليه عند التكرار 40,000 بالطريقة الحتمية (Armand DS 2015).

لذلك، لا تكون مناسبة في الغالب لحل مشاكل تحسين المباني التي عادة ما تكون متقطعة بسبب طبيعة المتغيرات التي بعضها مستمر وبعضها الآخر غير مستمر، بالإضافة إلى ذلك ، يؤدي استخدام النماذج الرقمية كوحدة مغلقة في صياغة هدف الوظائف إلى سوء فهم لطبيعتها .

2.2.3.5 الطرق العشوائية:

تعتمد الأساليب العشوائية على منهج جزئي أو كلي تسترشد به عملية عشوائية، بحيث تعتمد على مجموعة من خوارزميات التحسين و التي تهدف إلى حل مشكلات التحسين الصعبة. العيب الرئيسي للأساليب العشوائية هو افتقارها إلى النمذجة المطلقة لعدد محدود من عمليات المحاكاة (Evins ، 2013)، ومع ذلك ، يجب أن تضمن طريقة التحسين المختارة مجموعة الحلول من الحلول القريبة من النمذجة الكلية، بعكس الأساليب الحتمية فإن التقارب غير

مضمون ، كما أنها تبحث عن المستوى العالمي الأمثل باستخدام العلاقات الاحتمالية وليس الحتمية بحيث تتميز ب:

- عملية إنشاء عشوائي لنقطة من النقاط في حالة الفضاء
- دليل يوجه تقارب الخوارزمية.

إذا كانت إجراءات البحث العشوائية البحتة غير فعالة وليست قوية، فإن تلك التي تُسمى العشوائية الزائفة تسمح عمومًا بإيجاد حلول فعالة لكنها ليست بالضرورة ضرورية في فترة زمنية محدودة.

من بين الأساليب العشوائية، و التي تعتبر مناسبة بشكل خاص لحل المشكلات المعقدة التي يواجهها المهندسون وصناع القرار، فإن التوفيق بين الأساليب الكلاسيكية المكرسة تاريخياً لمجال التحسين، و التي تمتد إلى المجال المنفصل، مع الاستدلال، وضعت في البداية لمشكلة منفصلة محددة، وعممت في وقت لاحق لحل عدة أنواع من المشاكل، تطبق الأرصاد الجوية أنواعًا مختلفة من المشكلات المنفصلة وهي موجودة في (Collette and Siarry 2002)[61]:

- تنفيذ عملية عشوائية، مما يجعل من الممكن مواجهة الانفجار التوافقي
 - فهي مباشرة وبالتالي لا تتطلب أي شرط تحليلي أو شرط انتظام على الوظائف الموضوعية، غالباً ما تكون مستوحاة من النظم الطبيعية المستعارة من الفيزياء (مثل عملية الصلب في علم المعادن) أو البيولوجيا (مثل تطور النظريات) أو علم الأخلاق (مثل أسراب الحشرات أو قطعان الطيور).
- في مقابل القدرة على التعامل مع مشاكل التحسين الصعبة، فإن هذه الطرق لها عيوب رئيسية هي:

- تعدد العوامل الخاصة بها .
- عدم وجود ضمان للتقارب نحو الحلول المثلى للمشكلة (Berthiau و Siarry 2001) [62].
- مدة حساب عالية.

تم اقتراح عدة تصنيفات لعلم الأدلة العليا (Metaheuristic)، بحيث تم تقسيمه إلى قسمين:- الأدلة العليا في البحث المحلي (أساليب تستند إلى الحل الفريد الحالي)، العمل على نقطة واحدة من مساحة البحث في لحظة معينة ،
- والأدلة العليا في البحث الموزعة (أساليب تستند إلى حلول السكان) ، والتي تعمل على مجموعة من النقاط في فضاء البحث.

يمكن البحث عن طرق الأدلة العليا في البحث المحلي (مثل: طرق المسار)، بحيث تقدم هذه الطريقة حل واحد في وقت واحد، أما بالنسبة للتحسين متعدد المعايير، يلزم التكرار الذكي لهذه الطرق للاستجابة للهدف المزدوج المتمثل في تجنب الحد الأدنى المحلي ، ووصف جميع الحلول الممكنة للمشكلة على نطاق واسع، تعد طرق البحث المحلية هي طرق مسار تجعل في كل تكرار تطوير حل في نهاية المطاف من مساحة البحث إلى حل أفضل، و لتجنب الوقوع في الحد الأدنى المحلي توجد عدة طرق لذلك [63]. (Kirkpatrick, 1982)، (Černý, 1985) [64]، وكذلك أبحاث (Tabou Glover, 1986) [65] والأبحاث المحلية المتغيرة (Mladenović and Hansen 1997) [66].

محاكاة التلدين: تجربة التلدين المادية المستخدمة من قبل علماء المعادن ألهمت الباحثين في تطوير طرق التحسين، بحيث تعتمد هذه التجربة على مبدأ رفع درجة المعدن إلى درجة حرارة عالية ثم تبريده ببطء مما يسمح للذرات بإعادة التوضع بأقل طاقة وبالتالي الحصول على أفضل ترتيب للذرات.

الميزة الرئيسية لهذه الطريقة هي سهولة التنفيذ وتجنب الوقوع في الأمثلة المحلية، لكن العدد الكبير لمعلومات خوارزمية الحساب يعد العيب الرئيسي لهذه الطريقة.

البحث تابو Taboo: تم تقديم الفكرة الأساسية لأبحاث تابو في الأصل في (Glover, 1986) وبشكل مستقل تم اقتراح مسودة في (Hansen, 1986)، كما تم وصف الأسلوب و المفاهيم في (Glover and Laguna, 1997) [67]، بحيث يشارك بحث تابو مع خوارزمية حماية المحاكاة لفكرة توجيه البحث المحلي لتجنب الأمثلة المحلية، على عكس حماية المحاكي ،

فإنه يستخدم معيار قبول حتمية في كل تكرار ، يختار تابو الحل الأقرب حتى لو أدى إلى تدهور وظيفية الهدف، يتم تخزين معيار القبول المتحصل عليه بحيث يمكنه استدعائه مرة أخرى للبحث، والعودة إلى الحلول التي تمت زيارتها سابقاً ، والحلول المقبولة في قائمة تابو ؛ بحيث يتم حفظ هذه الحلول في قائمة خاصة.

يتكون بحث تابو (Glover and Laguna، 1997) من إدخال شكل من أشكال الذاكرة في استكشاف مساحة البحث، وهو يختلف عن المحاكي الذي ليس لديه ذاكرة فإنه غير قادر على الاستفادة من التجارب الماضية، بحيث تحمي هذه الذاكرة نفسها من العودة الدورية للتكوينات المعروفة ، وعدم إعادة الحساب ، لمواصلة البحث إلى أبعد من الأمثلة المحلية المحددة. من أجل الحفاظ على ذاكرة الخوارزمية لأطول فترة ممكنة، هناك طريقتين:

- التكتيف الذي ينطوي على استكشاف مجالات أخرى لأهداف الفضاء لتحديد الحلول المحتملة المثيرة للاهتمام.

- التنويع الذي يسمح بإعادة توجيه البحث إلى المجالات التي نادراً ما يتم استغلالها.

(Aparicio Ruiz،2014) [68] استخدام خوارزمية "بحث تابو" لتحسين غلاف المبنى السكني لتقليل تكلفة دورة حياة المبنى التي تتضمن تكاليف الاستثمار والاستهلاك السنوي والتكاليف المتعلقة بانبعاثات غاز ثاني أكسيد الكربون، بحيث تم الحصول على استهلاك التدفئة والتبريد من النماذج المبسطة، ثم تمت دراسة 48 حالة للحصول على الحل الأمثل، و لتجنب التعثر عند الحد الأدنى المحلي يتم استخدام قائمة من تابو.

تنوزع الأدلة العليا البحثية لهذه الفئة من الأدلة العليا التي تعمل بشكل صريح مع مجموعة من الحلول (يشار إليها عادة باسم الأدلة العليا للسكان)، بإمكاننا في هذه الفئة تطوير الخوارزميات ، خوارزميات مستعمرة النمل ، أبحاث التشتت ، خوارزميات ميميتيك memetic، و التي تعتمد على أسراب الجسيمات وتلك المستندة إلى تقدير التوزيعات؛ إذا كان اختلاف في الأدلة المجاورة فإنها تتطور في نفس الوقت مع مجموعة من الحلول للمشكلة ، والتي يمكن أن توفر بشكل مباشر سطح تسوية للمشكلة.

الخوارزميات التطورية والجينية: إن ملاحظة التنوع البيولوجي الأرضي توضح أن التطور البيولوجي قد وُلد تنوعًا كبيرًا من الكائنات الحية، متكيفًا مع القيود المحلية للبيئات التي يعيشون فيها ويطورونها ، وقادرة على التكيف تدريجيًا مع بيئة معقدة وغير مؤكدة في تحول مستمر، بحيث تقترح هذه القدرة على التكيف شكلاً من التحسين يختلف تمامًا عن العملية الحتمية (Dréo ، 2003) [69]، تعد الخوارزميات التطورية والجينية مستوحاة بشكل مباشر من نظرية التطور الطبيعي لأنواع ، بحيث تعتمد على آليتين في البحث عن حلول مثالية: المنافسة الطبيعية والتكاثر، بحيث تختار تنافس الأفراد الأنسب لتضمن لهم بذلك جيلا جديدا، و كذلك التحكم في آليات الإنجاب، و تبادل الجينات المادية بين الأفراد في المجتمع وتساهم في التنوع؛ فهي تسمح بتوليد جيل جديد يسمح بالتكيف التدريجي للسكان مع بيئتهم.

(Chantrelle. 2011) استخدام خوارزمية وراثية متقدمة-NSGA-II- (للخوارزمية الجينية للفرز غير المسيطر عليها)، قادرة على أداء تحسينات متعددة الأهداف بالإضافة إلى إعادة تأهيل المباني من الأهداف الوظيفية المتعلقة بالراحة الحرارية الصيفية و تكلفة الاستثمار واستهلاك الطاقة و درجات الحرارة الخارجية المحتملة، بحيث تتعلق المتغيرات بعين الاعتبار بسيناريوهات إعادة التأهيل المتعلقة بتكوين غلاف المبنى وإدارة المعدات.

سرب الجسيمات هو أسلوب تقني عالمي مثالي تم تطويره بواسطة (Kennedy and Eberhart ، 1995) [70]، مستوحى من السلوك الاجتماعي للأفراد الذين يميلون إلى تقليد السلوكيات الناجحة التي يلاحظونها في محيطهم، بينما يجلبون اختلافاتهم الشخصية، تم توضيح ذلك في كتاب الجذور الاجتماعية لهذه التقنية وأساليبها الرياضيات (Kennedy 2001) [71].

يستخدم سرب الجسيمات مجموعة من الحلول المحتملة، والتي تتغير من خلال تبادل المعلومات بين الجسيمات، يقوم كل جسيم بتعديل مساره نحو أفضل موضع له في الماضي ونحو أفضل موضع للجزيئات بجواره (Kennedy.1995) [72]، يعتبر البديل الكلي لهذه الخوارزميات مجموع السرب كوحدة لا تتجزأ، تستفيد الجسيمات من اكتشافات وتجارب جميع الجسيمات الأخرى.

تم استخدام خوارزميات سرب الجسيمات في مشاكل التحسين المختلفة للبناء (Kusiak (2011) [73]، من أجل تحسين استهلاك نظام طاقة التدفئة والتهوية وتكييف الهواء للمبنى من الدرجة الثالثة باستخدام خوارزمية التحسين الهجين على أساس الخوارزميات التطورية وتحسين سرب الجسيمات (Yang and Wang,2012) [74]، تم استخدام خوارزمية تحسين الجسيمات المتعددة السرب الجزيئي (MOPSO لتحسين سرب الجسيمات متعدد الأهداف) لتحسين استهلاك الطاقة وراحة المبنى عن طريق تغيير نظام التحكم في البيئة الحرارية للمبنى، بناء على درجة حرارة محددة، كما تم استخدامها من طرف (Rapone and Saro، 2012) [75] من أجل دراسة تأثيرات ارتفاع درجة الحرارة العالمية خلال دورة حياة المبنى باستخدام خوارزمية تحسين سرب الجسيمات، بحيث يتم اعتبار المتغيرات النسبية المتقطعة والمستمرة من أجل دراسة أبعاد وحجم وحماية النوافذ.

خوارزميات مستعمرات النمل: يعتمد أصل هذا النهج على سلوك النمل أثناء البحث عن الطعام الموصوف في (Deneubourg 1990) [76]، بحيث يسمح لهم بإيجاد أقصر المسارات بين مصادر الطعام وعشهم، يودع النمل مادة تسمى فرمون بين العش ومصادر الغذاء على الأرض، لتوجيه النمل نحو أسرع الطرق للوصول إلى مصادر الغذاء.

أقصر المسارات هي الأكثر تركيزا في الفرمون، بينما تتبخر الفيرومونات بمرور الوقت ، وسرعان ما يحصل النمل الذي يستخدم أقصر الطرق على الغذاء ويعود إلى العش عن طريق إيداع فرمون جديد في طريق عودته، انطلاقا من هذا السلوك تم اقتراح مجموعة من الخوارزميات من قبل (Dorigo، 1992) [77] ، ثم (Dorigo، 1996 و 1999) [34] [28] ، والفكرة الأساسية هي العمل على مجموعة من الحلول كل منها يتوافق مع فرد واحد من أفراد المجموعة، بحيث يحتوي هيكل البيانات المشترك الذي يتقاسمه جميع الأفراد على معلومات حول الفيرومون المتراكم في منطقة البحث.

تم استخدام خوارزمية التحسين متعدد الأهداف بواسطة مستعمرة النمل (MACO لـ Multiobjective Ant Colony Optimization) من أجل التحسين التوافقي لمواجهة المباني

المعيارية بواسطة (Shea 2006) [27] من أجل التحسين المتزامن للتكاليف التشغيل وتكاليف الاستثمار

وفقاً لدراسة أجرتها (Nguyen. 2014)، أظهرت بأن أكثر من 200 عمل ذكر أن خوارزميات السكان العشوائية هي الأسلوب الأكثر استخداماً في مجال تحسين المباني الفعالة، من بينها الخوارزميات الجينية التي تأتي في المقام الأول، تليها تحسين سرب الجسيمات مستوحاة من رحلات الطيور، بالإضافة إلى أن تحسين كفاءة استخدام الطاقة للمبنى يحتاج إلى تحقيقه خلال مرحلة تصميم المشروع، وذلك من خلال دراسات تحسين المعلمات بهدف تنفيذه كدليل على الحلول المثلى لتحقيق الأهداف المرجوة من حيث أداء الطاقة والراحة الحرارية.

3.3.5 تصميم التجارب (DOE) Design Of Experiments :

تصميم طريقة التجربة ليس تقنية جديدة، بل بدأ العمل بها العالم Ronald Fisher رونالد فيشر منذ سنة 1925، و كان أول من استخدم هذا الأسلوب هم علماء الهندسة الزراعية الذين فهموا بسرعة اهتمام الخطط التجريبية وخاصة تقليل عدد الاختبارات عند دراسة العديد من المتغيرات، وهي تستند أساساً إلى تجارب متعددة العوامل وعلى علاج النتائج باستخدام البيانات المتعددة وتحليل التغيرات، و لقد ظل استخدامها في نطاق عدد قليل من المتخصصين وتطبيقاتهم الصناعية بسبب تعقيد الحسابات التي يحتاجونها، حتى وصول أجهزة الكمبيوتر القوية (Souvay ، 1995) [27]، لقد وجدنا أن الطرق الدقيقة غير عملية بالنظر إلى العدد الكبير من معلمات الدراسة لاستخدامها في حل مشكلة ما، تعد هذه الطرق كآخر حل للحالات الشاذة، وذلك تقادياً لسليبتها المتمثلة أساساً في؛ الوقت الحسابي المرتفع ، والمعايير المعقدة للخوارزميات، وغير المضمونة للالتقاء نحو الحل الأمثل، لذلك سيكون من الضروري البحث عن طريقة أكثر فاعلية لعلاج هذه المشكلات.

تعد طريقة تصميم التجارب كفرع من الإحصاءات التطبيقية بحيث تتعامل مع تخطيط وإجراء وتحليل وتفسير الاختبارات الخاضعة للرقابة لتقييم العوامل التي تتحكم في قيمة المعلمة أو مجموعة المعلمات، تُعرفها وزارة الطاقة بأنها تجربة أو سلسلة من التجارب التي تتم من خلال

تغيير متغيرات عملية الإدخال، والتي قد يكون لها تأثير على استجابات الإخراج هذا من ناحية، و من ناحية أخرى يمكن للمحاكاة توليد وتقييم النتائج لتوفير تصور حول أداء النظام ولكنه يستغرق وقتاً طويلاً وعملاً صعباً.

تحتاج دراسات تحسين المباني النشطة إلى النظر في عدد كبير من المعلمات المحددة لتصميم أنظمة هندسة الظرف الخارجي للمباني والمناخ الخارجي المحيط بها، من بين هذه المعلمات ، يمكننا أن نقترح على سبيل المثال ، المعلمات الحرارية مثل العزل الحراري للجدران ، ونفاذية الهواء، ونسبة ونوع الزجاج ، والمعلمات الهندسية مثل الحجم ، والسطح ، إلخ. لقد رأينا أن طرق التحسين التوافقية الدقيقة غير عملية لأنه كلما زاد عدد المعلمات كلما زاد تعقيد دراسات التحسين، بحيث تكون مدة الحساب طويلة، لذلك بالنسبة للتحسين التوافقي التقريبي يتم استخدام خوارزميات معقدة وغير آمنة، لذلك يمكن حل هذه المشاكل العديدة من خلال طريقة DOE التي تتميز ب:

- عدد كبير من العوامل المدروسة والقدرة على تغيير المستويات ؛

- الكشف عن التفاعلات بين العوامل.

- السماح لنمذجة القيود.

- انخفاض في عدد التجارب (المحاكاة) ، وبالتالي تقليل وقت الحوسبة ؛

-أفضل دقة للنتائج ؛

-تحسين النتائج ؛

- توفير مجموعة من الحلول التي تسمح بدعم القرار متعدد المعايير.

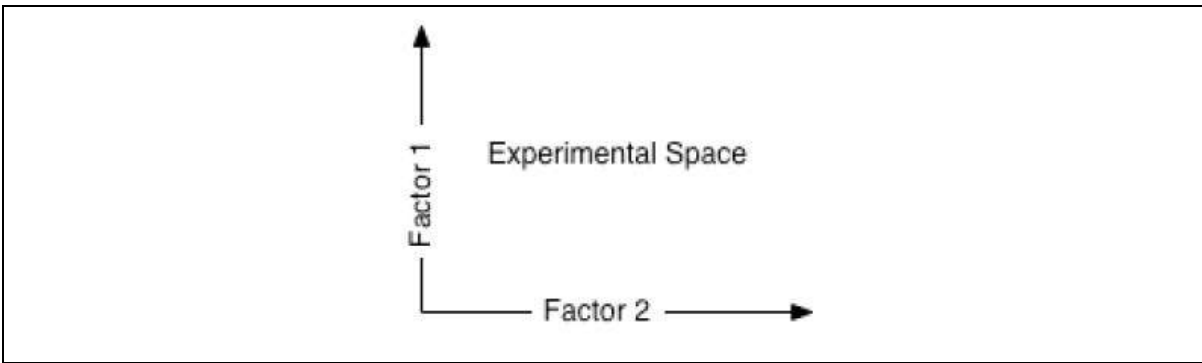
في هذا الجزء، سنشير إلى المبادئ الأساسية لهذا العلم وسنرى التصميمات التجريبية الأكثر استخداماً والتي يمكن تطبيقها في فيزياء البناء.

العوامل: هي الأسباب الأساسية المحتملة للتغيرات الملحوظة في الاستجابة، بحيث يمكن

أن تكون العوامل من طبيعتين مختلفتين: النوعية أو الكمية، تسمى القيمة المعطاة لعامل إجراء اختبار المستوى الحد، و الذي يتغير في المجال بين الحد الأدنى (أسفل مستوى) والحد الأعلى

(أعلى مستوى)، تسمى مجموعة كل القيم التي يمكن أن تأخذ العامل بين المستوى المنخفض والمستوى المرتفع ، نطاق العامل ، أو ببساطة أكثر ، مجال العامل، نلاحظ عادة أسفل مستوى 1- و أعلى مستوى 1+

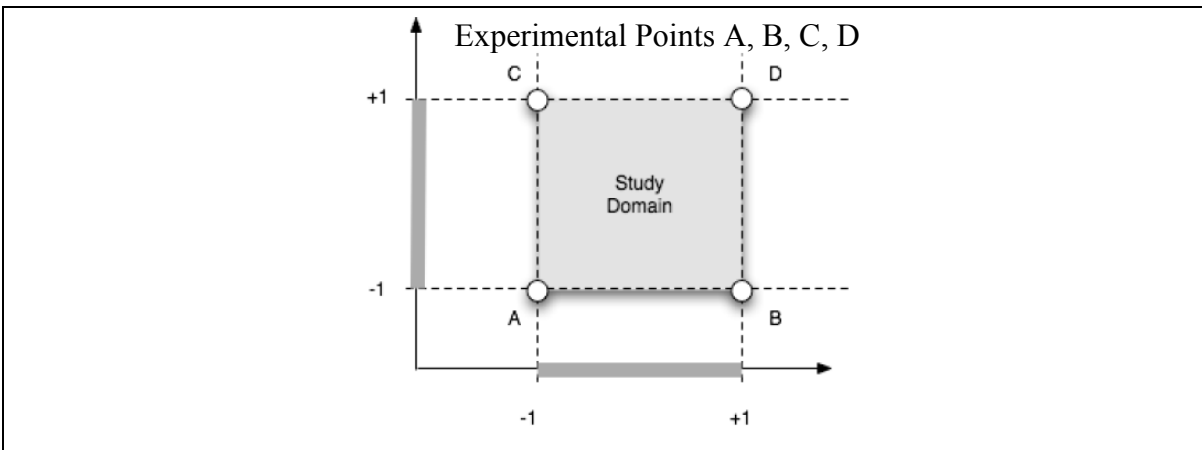
الفضاء التجريبي: يتكون الفضاء التجريبي من محورين متعامدين، يمثل كل محور عاملاً ما، بحيث يكون موجه و يحدد نسبة أعلى و أسفل مستوى للعامل ومدى اختلافه (الشكل 3.5).



الشكل 3.5: الفضاء التجريبي [29]

النقطة التجريبية ومجال الدراسة:

يمكن اعتبار المستوى x_1 للعامل 1 والمستوى x_2 للعامل 2 إحداثيات نقطة في الفضاء التجريبي، ثم يتم تمثيل تجربة معينة بنقطة في نظام المحاور، بحيث يتم تمثيل خريطة الخبرات بمجموعة من نقاط الخبرة.



الشكل 4.5: مجال الدراسة من خلال اتحاد المجالات

إحداثيات مركزية مخفضة: تتيح طريقة التصميم التجريبي تطوير نماذج للتنبؤ بما سيحدث من خلال إنشاء علاقة متعددة الحدود بين المدخلات و المخرجات مع مجموعات قليلة قدر الإمكان (Tinsson، 2010) [31]، بحيث يتم إنشاء مصفوفة من التجارب التي يتم من خلالها حساب استجابة النموذج، ثم يتم التعبير عن هذه المصفوفة في شكل لا بعادي، بواسطة العلاقة التالية:

$$\text{المعادلة (1.5)} \quad X = \frac{x - x_0}{A}$$

X : تشير إلى القيمة المركزة المخففة والتي تتراوح بين -1 و $+1$ (بحيث يكون X قيمة لا بعدي، بدون وحدة).

X : هي القيمة الأبعاد التي تتراوح بين x_{min} و x_{max}

x_0 : هي القيمة في مركز المجال (x_{max} ، x_{min}) المعرّفة بالعلاقة:

$$x_0 = (x_{max} + x_{min}) / 2$$

A : هي خطوة الاختلاف المحددة بواسطة

$$A = (x_{max} - x_{min}) / 2$$

تبرز أهمية المتغيرات المركزية المخفضة في كونها قادرة على تقديم خطط التجارب بطريقة لا بعادية بغض النظر عن مجالات الدراسة المختارة وأي كانت هذه العوامل، وهكذا تقدم نظرية خطط التجارب عمومية كبيرة.

إن نمذجة نظام يعتبر بمثابة برنامج مغلق يعبر عن مدى استجابته لهذه العوامل من خلال معاملات ثابتة، في هذه الحالة يتم تحديد نموذج متعدد الحدود، ثم نتعرف على نوع العلاقة بين معاملات المبنى واستهلاكه للطاقة، بحيث يمكن أن تكون خطية؛ أو تربيعية؛ أو جدائية؛ وبالتالي يمكن وضع الإجابة تحت أحد الأشكال الرياضية التالية:

$$\text{النموذج الخطي} \quad Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot X_i \quad \text{المعادلة (2.5)}$$

النموذج التربيعي $Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_{ii} \cdot X_i^2$ المعادلة (3.5)

النموذج الخطي مع النموذج الجدائي $Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot X_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n a_{ij} \cdot X_i \cdot X_j$ المعادلة (4.5)

النموذج التربيعي مع النموذج الخطي و الجدائي $Y = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i \cdot X_i + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n a_{ij} \cdot X_i \cdot X_j + \sum_{i=1}^n a_{ii} \cdot X_i^2$ المعادلة (5.5)

Y هي الاستجابة (دالة موضوعية)

X_i و X_j هي معلمات الإدخال المكتوبة في إحداثيات مركزية مخفضة

a_0, a_i, a_j, a_{ij} هي معاملات النموذج الذي سيتم تحديده.

وتجدر الإشارة إلى أن النماذج ذات الترتيب الأعلى لا تعطي عمومًا المزيد من الدقة،

وبالتالي غالبًا ما يتم تجاهل شروط النظام الأكثر من 3.

يمكن أيضًا كتابة نظام المعادلات في شكل المصفوفة التالي:

$$[Y] = [X] [A] \quad \text{المعادلة (6.5)}$$

حيث :

A معاملات الثوابت ،

Y متجه الاستجابة

X مصفوفة حسابية أو مصفوفة التجربة

لتحديد معاملات كثيرات الحدود، يتم حل نظام المعادلات باستخدام

$$A = ([X] \times [X])^{-1} \times [X]^t \times [Y] \quad \text{المعادلة (7.5)}$$

1.3.3.5. معايير المثالية :

وبحسب أهداف الدراسة فإن أفضل مواقع نقاط الخبرة في مجال الدراسة ليست هي نفسها

في الواقع ، بحيث يعتمد الترتيب الأمثل لنقاط التجارب على العديد من الخيارات التي قام بها

المجرب ، والخيارات التي هي في حد ذاتها دالة لخصائص الدراسة والأهداف التي سيتم تحقيقها،

تعتمد هذه الاختيارات أولاً على؛ مجال الدراسة والنموذج الذي احتفظ به المجرّب، ثم على معيار النمذجة، كما تحدد المعايير الرئيسية لتحقيق المثالية بما يلي (Goupy، 1999) [33]

معيار متعامد تقريباً: إذا كانت المصفوفة الفرعية التي تم الحصول عليها عن طريق إزالة

الصف الأول والعمود الأول من المصفوفة قطرية $([X]^t[X])^{-1}$ ، فسيتم احترام المعيار المتعامد.

معيار D-الأفضلية: إذا أردنا أصغر اختلاف ممكن على جميع المعاملات، فمن

الضروري أن تكون العناصر القطرية لمصفوفة التشتت هي نفسها أصغر ما يمكن، بحيث يتم

الحصول على هذه النتيجة عن طريق تعظيم محدد المصفوفة $([X]^t[X])$ ، الذي يسمى بمعيار

الأفضلية.

معيار الأفضلية: يمكن تقليل مجموع تباينات المعاملات، عندما نتحدث عن معيار

الأفضلية للمستوى A هو الأمثل إذا كان موضع نقاط التجربة يقلل من أثر المصفوفة $([X]^t[X])^{-1}$.

معيار G-المثالية: في حالة عدم تساوي عناصر القطر الرئيسي، وعندما تكون معاملات

النموذج غير متوازنة، يكون هناك خلل في التوازن، بحيث يسعى معيار G-optimality إلى

تقليل قيمة أكبر تباين لجعله أصغر ما يمكن.

معيار O-المثالية: مصفوفة الحساب O هي مصفوفة متعامدة لـ هادامارد Hadamard

، هذه المصفوفة هي مصفوفة قطرية $([X]^t[X])^{-1}$ ، تختلف عناصرها القطرية عن الصفر، وبالتالي

فإن تباين المعاملات هو أدنى مستوى ممكن، يتم احترام جميع المعايير المذكورة أعلاه في وقت

واحد إذا كانت مصفوفة الخبرة متعامدة.

معيار التباين الدوراني: من المرغوب فيه أن تحتوي الاستجابات المحسوبة بالنموذج من

التصميم التجريبي على خطأ تتبؤ مطابق للنقاط الموجودة على نفس المسافة من مركز مجال

الدراسة، في هذه الحالة نقول عنه أنه دوران في مستوى معايير.

2.3.3.5 أنواع خطط التجارب :

تم اقتراح عدة أنواع من التصاميم التجريبية، و لكن يعد اختيار مصفوفة الخبرة هو المشكل

الأساسي لخطط التجارب من أجل الحصول على دقة أفضل مع الحد الأدنى من التركيبات.

خطط عامل كاملة:

يعتبر هذا هو أسهل نوع من الخطط، في هذه الحالة نعتبر مصفوفة التجارب هي دراسة جميع المجموعات الممكنة من العوامل، إذا أخذنا في الاعتبار عددًا من العوامل ذات المستوى n ، فإن حجم المصفوفة هو nm . في حالة عدة عوامل على مستويات مختلفة ، يكون عدد المجموعة $n_1m^1 * n_2m^2 * \dots * n_k m^k$.

هذا النوع من الخطط مهم إلى حد ما في حالة نموذج من الدرجة الأولى، بحيث يتميز بسهولة بناء مصفوفة الخبرة وكذلك تحليل النتائج، و لكن من ناحية أخرى، يزداد حجم المصفوفة بسرعة في حالة وجود عدة عوامل.

الخطط المركبة:

كما يوحي الاسم ، تتكون الخطة المركبة من ثلاثة أجزاء؛ الجزء الأول عبارة عن خطة من الدرجة الأولى عاملية أو جزئية كاملة، الجزء الثاني يسمى خطة النجوم التي تقع نقاطها على المحاور بنفس المسافة من المركز، وأخيرًا يتم إضافة نقطة واحدة إلى مركز مجال الدراسة. ليكن عدد تجارب مستوى العامل n_α لتجربة المستوى النجمي، بحيث يتم حساب مسافة نقاط المستوى النجمي (α) باستخدام المعيار وبالتالي يكون التباين بالتناوب $\alpha = (n_f)^{1/4}$ ، في حالة احترام معيار التعامد، نستخدم الصيغة التالية:

$$\alpha = \left(\frac{n_f(\sqrt{n_f + n_\alpha + 1} - \sqrt{n_f})^2}{4} \right)^{1/4} \quad \text{المعادلة (8.5)}$$

4.5. تحليل الحلول ودعم القرار :

التحسين ليس غاية في حد ذاته، بل يجب اعتباره طريقة في خدمة عملية صناعة القرار، بحيث تساعد أساليب اتخاذ القرار المتعددة في اتخاذ القرارات مع مجموعة من التقنيات والاستراتيجيات، و ذلك من أجل تسهيل اتخاذ القرار في حل مشكلة معقدة.

في حالة المشاكل متعددة المعايير، و في مساحة بحث محدودة منفصلة يمكن أن يعتمد دعم القرار على مناهج مختلفة (Kolokotsa, 2009) [35]:

- مناهج المحاكاة.
 - نهج التحسين متعدد المعايير.
 - النهج الهجين.
 - نهج دعم القرار متعدد المعايير (MCDA).
- ◀ نهج المساعدة على المعايير المتعددة :

أكد القسم السابق على تنوع المساعدة في اتخاذ القرار متعدد المعايير المستخدمة في تصميم المباني، مما يجعل من الممكن تحديد الوظائف الموضوعية التي تم النظر فيها لتقييم الأداء متعدد المعايير لاستراتيجيات إعادة التهيئة، بحيث يهدف هذا الجزء إلى توضيح النماذج المستخدمة لحساب هذه العروض في حالة تصميم المبنى أو إعادة تهيئتها.

يتم قياس العروض بالنسبة لاستمرار دورة حياة المباني.

تستند مناهج صنع القرار متعدد المعايير (MCDA) على نمذجة تفضيلات صناع القرار الذين يؤثرون على عملية اتخاذ القرار، اقترح روي Roy التمييز بين ثلاث عائلات من الأساليب (Roy, 1985) [36]:

- نهج المعيار الوحيد للتجميع
- نهج الترقية
- النهج عن طريق تجزئة التفضيلات

المعايير المساعدة في البناء :

في مجال البناء المستدام، غالبًا ما تكون الأهداف التي تم بحثها هي تقليل استهلاك الطاقة والتكلفة الاقتصادية للمبنى (Attia 2013). وفقًا لـ (Evins، 2013)، فإن الأهداف تتمثل في تقليل استهلاك الطاقة المستخدمة في 60% من الحالات، و لتقليل التكاليف أو الاستثمار أو الاستخدام أو دورة الحياة، و بقية الأهداف الأخرى لتحسين أكثر تتعلق بالجوانب الهيكلية.

5.5. أمثلة باريتو:

عادة ما تتطلب مهام التحسين في الواقع تحسين العديد من الأهداف المتضاربة، بحيث لا يمكن تحسينها كلها في نفس الوقت، لذلك يصبح حل مشكلة التحسين متعدد الأهداف (MOP) هو التحديد الكمي للمفاضلات بين الأهداف المتعددة، بحيث يتم تبادل المفاضلات بين الأهداف المتنافسة من خلال الحلول المثلى لباريتو، والتي لا يمكن تحسين أي هدف فردي منها دون المساس بواحد على الأقل من الأهداف الأخرى. (Paolo C. 2014) [40]

تتم مقارنة الحلول المؤهلة لمشكلة التحسين، أي الحلول التي تنتمي إلى مساحة القرار واحترام القيود، مع بعضها البعض من خلال علاقة ترتيب، والتي قد تكون ذات ترتيب كلي أو جزئي.

6.5 أدوات المحاكاة لاستهلاك الطاقة في المباني:

في عالم الصناعة، غالبًا ما يتم استخدام النماذج الأولية لاختبار منتج جديد، وهذا لا يمكن تحقيقه في مجال البناء، لأن كل مبنى فريد من نوعه من خلال هندسته المعمارية وبنيته ومعداته ولكن أيضًا من خلال بيئته والمناخ الذي يحيط به، هذا هو المكان الذي تأتي فيه المحاكاة الرقمية في حد ذاتها لأنها يمكن أن تكمل الخبرة المكتسبة من الإنجازات في الموقع للمساعدة في تصميم المباني الجديدة، كما أنه يجعل من الممكن تحديد التحسينات التي تم إجراؤها من خلال تنفيذ جهاز بناء معين لمعرفة مدى تأثيرها النسبي في التحسين العام لسلوك المبنى.

يرتبط تطور أدوات المحاكاة في قطاع البناء بالرغبة في التمكن من تمثيل المبنى الحقيقي من خلال النماذج مع ضمان سهولة الاستخدام.

7.5 اقتران البرمجيات ومحاكاة البناء:

تتكون المحاكاة المشتركة من تكامل مكونات البرامج المختلفة عن طريق اقتران وقت التشغيل، أساسيات بناء المحاكاة مثل استراتيجيات الاقتران ونقل البيانات (Trcka M. 2009) [42]، بحيث تحتوي أدوات محاكاة أداء الطاقة العديدة بالفعل على واجهات لبرامج أخرى، والمحاكاة المشتركة للأنظمة الفرعية المختلفة التي تشكل مشكلة مقترنة يتم نمذجتها ومحاكاتها

بطريقة موزعة؛ ومن ثم ، فإن النمذجة تتم على مستوى النظام الفرعي دون أخذ المشكلة المزدوجة في الاعتبار، علاوة على ذلك ، يتم تنفيذ المحاكاة المزدوجة من خلال تشغيل الأنظمة الفرعية بطريقة البرامج المغلقة، كما أنه أثناء المحاكاة يتم تبادل البيانات بين مختلف النظم الفرعية.

يوجد حاليًا عدد كبير من نماذج وأدوات المحاكاة المتطورة المتاحة للاستخدام في محاكاة طاقة في مجال البناء، بحيث يتم توفير النماذج والمعايير من قبل متخصصين مختلفين، مع بعض النماذج المتاحة نتيجة لسنوات عديدة من التطوير؛ وبالتالي يتم استخدام لغات برمجة مختلفة، و غالبًا ما تفتقد الأداة الوظائف التي يوفرها الآخرون.

بالنسبة لمختلف التطبيقات، من المستحسن استخدام العديد من أدوات المحاكاة في نفس الوقت والاستفادة من النتائج الناتجة عن النماذج المختلفة؛ و بالتالي، تحتاج الأدوات التي تقوم بتشغيل المحاكاة غالبًا إلى نتائج تم إنشاؤها بواسطة نماذج أخرى في وقت التشغيل؛ على سبيل المثال، قد يتطلب نموذج محاكاة طاقة المبنى حساب درجات حرارة هواء الغرفة و أحمال التدخين من نظام إمداد HVAC ، حيث يأتي هذا الأخير بنموذج محاكاة خارجي إلى أداة محاكاة المبنى، يعد التكامل التام للعديد من النماذج الموجودة في أداة محاكاة واحدة أمرًا صعبًا من الناحية التقنية، خاصة وأن العديد من الأدوات تتضمن محركاتها العددية الخاصة وخوارزميات الحساب، علاوة على ذلك، تدير أدوات المحاكاة المختلفة بياناتها الداخلية بشكل مختلف، مما يزيد من تعقيد تكاملها، كما تعتبر المحاكاة المشتركة هي تقنية يتم فيها تنفيذ المحاكاة في وقت واحد أثناء تبادل البيانات، كما نشير إلى أن محاكاة النموذج تعتبر مكون فرديا موصوفا بواسطة معادلات تفاضلية جبرية أو معادلات منفصلة.

8.5 دراسة حالة مأوى الاتصالات :

لتحديد نموذج كثير الحدود ، يبرز العلاقة بين التبريد السنوي لمأوى الاتصالات و خصائصه و الظروف المحيطة به ، نختار العوامل التالية و نحدد لكل عامل مجاله

* U_{parois} هو معامل الانتقال الحراري للجدران غير الشفافة (بما في ذلك الأرضية و السقف).

يتوافق المستوى المنخفض مع القيمة (-1)، كما يتوافق المستوى المرتفع مع القيمة (+1)

h^* : ارتفاع المأوى

ori^* : هو اتجاه المبنى ، وهو الشمال / الجنوب (N / S) عند المستوى (-1) ، الجنوب الغربي / الشمال الشرقي (SW / NE) عند المستوى (0) والشرق / الغرب (E / O) على المستوى (1+).

C^* : اللون الخارجي للمبنى ، فاتح (-1) ، داكن (1+)

الجدول (1.5): عوامل مخطط التجارب

الوحدة	المستوى			الرمز	العامل
	1+	0	1-		
W/m ² K	0.3	0.2	0.1	X ₁	U _{parois}
m	3	2.75	2.5	X ₂	H
	E / O	SW / NE	N / S	X ₃	Ori
	داكن	متوسط	فاتح	X ₄	C

نقوم باستخدام برنامج Statgraphics ليقوم بعرض مخطط التجارب، فنحصل على مخطط

التجارب الكلي الذي يحتوي على $81=3^4$ تجربة، كما يوضحها الجدول التالي:

الجدول (2.5) : مخطط التجارب

الرقم	Uparois	h	Ori	C	COOL	الرقم	Uparois	h	Ori	C	COOL
	W/m2K	m			KW/m2		W/m2K	m			KW/m2
1	-1	1	2	2		42	0	-1	3	3	
2	0	0	1	1		43	-1	1	1	1	
3	-1	1	3	3		44	0	-1	2	1	
4	-1	0	2	1		45	1	0	2	1	
5	0	0	1	2		46	0	1	3	2	
6	1	0	1	2		47	0	-1	1	3	
7	-1	1	3	1		48	-1	-1	1	2	
8	1	0	3	1		49	1	1	3	2	
9	-1	-1	3	1		50	-1	1	1	2	
10	-1	1	2	1		51	0	1	3	1	
11	1	1	2	2		52	1	-1	2	2	
12	-1	-1	1	1		53	0	0	2	2	
13	0	1	2	3		54	0	1	1	2	
14	0	0	3	3		55	1	-1	3	3	
15	1	-1	3	2		56	1	0	3	3	
16	-1	1	3	2		57	1	-1	2	3	
17	-1	0	2	2		58	1	-1	2	1	
18	-1	-1	2	3		59	-1	-1	2	1	
19	-1	1	1	3		60	1	0	3	2	
20	-1	-1	2	2		61	0	1	2	2	
21	0	-1	2	3		62	1	1	3	1	
22	1	1	1	1		63	1	1	2	3	
23	1	-1	3	1		64	-1	1	2	3	
24	-1	0	3	3		65	-1	0	1	2	
25	1	-1	1	1		66	1	-1	1	3	
26	1	1	1	2		67	0	-1	2	2	
27	-1	-1	3	2		68	0	0	2	3	
28	0	1	3	3		69	1	0	2	2	
29	0	0	3	2		70	-1	0	1	1	
30	1	-1	1	2		71	1	0	1	1	
31	-1	0	3	1		72	-1	-1	1	3	
32	0	-1	1	1		73	0	0	1	3	
33	1	0	1	3		74	-1	0	3	2	
34	0	1	1	3		75	0	-1	1	2	
35	1	1	2	1		76	0	0	3	1	
36	-1	0	2	3		77	1	1	3	3	
37	0	-1	3	1		78	0	1	1	1	
38	0	1	2	1		79	0	0	2	1	
39	1	1	1	3		80	0	-1	3	2	
40	-1	0	1	3		81	-1	-1	3	3	
41	1	0	2	3							

تعتبر هذه هي المرحلة الأولى في طريق انتقى أفضل المعايير و ذلك على حسب المنطقة المناخية ؛ بحيث يتم حساب نتائج التجارب في الجدول (2.5) - كمية التبريد السنوي - ثم بعد ذلك تأتي عملية الانتقاء ليتم اختيار المعيار أو المعايير التي تعطينا أقل كمية لاحتياجات التبريد.

9.5 الخاتمة:

قدمنا في هذا الفصل مشكلة دعم القرار متعدد المعايير في حالة تصميم أو إعادة تأهيل المباني، تم عرض متغيرات الدراسة والمعايير المختلفة للمساهمة في المباني المستدامة، لحل هذه المشكلة، قدمنا أحدث ما توصلت إليه الطرق المختلفة لدعم اتخاذ القرار متعدد المعايير، كما تم توضيح مختلف الحالات الشاذة لهذه الطرق التي تعقد المهمة للمصممين وصناع القرار لاتخاذ قرارات عاجلة في وقت حسابي معقول.

يعد مشروع تشييد مبنى بمراعاة مختلف المعايير عن طريق التصميم متعدد المعايير من أهم المشاريع، بحيث يتطلب مراعاة أداء الاستخدام و الجدوى الاقتصادي و الصناعية و الهندسية و البيئية، و للبحث عن أفضل الحلول الممكنة لمشكلة التحسين متعدد الأهداف حيث غالباً ما تكون الأهداف متناقضة وتحتاج إلى دراسة كاملة للكميات، وهذا يعني وقتاً كبيراً للحصول على القرار الأمثل، وقد أدى ذلك إلى تطوير المزيد من الطرق للتحسين متعدد الأهداف وبرامج المحاكاة المشتركة.

قمنا بعرض مثال عن مخطط التجارب من أجل تحسين الأداء الحراري لمأوى الاتصالات.

الخاتمة

العامّة

الخاتمة العامة

يعتبر قطاع الاتصالات من أهم القطاعات التي عرفت تطورا واسعا و سريع في حياة الأفراد والمجتمعات و تسعى الدول في توفير أحسن الخدمات لمواطنيها في هذا المجال، صحت هذا التطور في مجال الاتصالات تطورا في مجال التقنية و المعدات المستعملة، كاستعمال الألياف البصرية و استعمال مضخات الإشارة و غيرها من المعدات المستعملة في مأوى الاتصالات ، فنجم عن ذلك بعض الإشكالات ، من أهمها مشكلة ارتفاع درجة الحرارة داخل مأوى الاتصالات خاصة في المناطق القاحلة و البعيدة عن شبكة الاتصالات أثناء فترة الصيف، مما يؤثر سلبا على أداء محطة الاتصالات و على مدة حياة الأجهزة المستعملة ، و الأداء الأمثل للمعدات خاصة البطاريات.

قمنا في هذه الأطروحة باقتراح حلول لهذه الإشكالية من خلال دراسة مجموعة متنوعة من تقنيات التبريد السلبية، تشمل على إدخال تدفق جديد تحت صفائح معدنية خارجية من أجل تقليل درجة الحرارة الداخلية في ملجأ الاتصالات، تلعب الصفائح المعدنية دورين ؛ الأول هو حماية المأوى من أشعة الشمس المباشرة والثاني هو العمل كمخدنة شمسية، تعمل هذه المدخنة على تدفق الهواء التصاعدي الذي يعمل بمثابة التبريد السلبي لملجأ الاتصالات ، قمنا بالتدقيق الطاقوي في ملجأ الاتصالات باستخدام برنامج Trnsys 16، ثم باستخدام برنامج (Fluent 6.3) للتنبؤ بالأداء الحراري وتدفق الهواء في المجال الحسابي ثنائي الأبعاد.

كما تم اقتراح إضافة مبادل حراري هوائي أرضي للمأوى الحالي من أجل تبريد الهواء قبل إدخاله لمأوى الاتصالات، وذلك بإجراء محاكاة عددية، باستخدام برنامج (Fluent 6.3) للتنبؤ بالأداء الحراري وتدفق الهواء في المجال الحسابي ثلاثي الأبعاد لمبادل حراري هوائي أرضي، بعد ذلك قمنا بإجراء دراسة لتحديد حجم وقدرة محطة اتصال معزولة تعمل بالطاقة الشمسية، بحيث يتم دمج المأوى مع المبادل الحراري الهوائي الأرضي ليحل محل المكيفات الهوائية.

ثم قمنا بعرض للدراسة المتعددة المعايير لتصميم مأوى جديد يتناسب و المنطقة المناخية التي يتواجد بها من خلال عرض نظرية تصميم التجارب.

يسهم النظام السلبي الذي يتضمن إضافة عوازل خارجية و التي تعمل كمدخنة شمسية في التقليل من درجة حرارة الجدران الخارجية، هذه التجربة التي تساهم في خفض درجة الحرارة الداخلية للمأوى و بالتالي استهلاك طاقة أقل خاصة في المناطق النائية و التي تكون بعيدة عن الشبكة الكهربائية.

لاحظنا زيادة واضحة لسرعة الهواء في الفراغ بين الألواح العازلة والمأوى، هذه الزيادة في السرعة تعزز التبريد السلبي على طول الأسطح الخارجية، لنخلص في النهاية إلى أن إضافة العوازل الخارجية للمأوى الحالي غير كاف لوحده، إلا أنه قد يكون عامل مساعد يساهم في خفض درجة الحرارة الداخلية للمأوى إذا تم دمجها مع تقنيات أخرى، مثل دمجها مع مبادل حراري هوائي أرضي لإخلاء الحرارة الداخلية للمأوى

أما بالنسبة للمبادل الحراري الهوائي الأرضي أظهرت نتائج المحاكاة العددية المختلفة التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة أن درجة حرارة الهواء الخارج تنخفض كلما زاد عدد رينولدز ، وفي حالة عدد رينولدز يساوي 2000 ، وجدنا أفضل قيمة لدرجة حرارة الهواء الخارج من المبادل الحراري الهوائي الأرضي $T = 31$ درجة مئوية بفارق يقدر ب 14 درجة مئوية بين المدخل و المخرج .

تعتبر هذه النتيجة مهمة للغاية إذا تم دمج مخرج المبادل الحراري الهوائي الأرضي مع مدخل لمأوى الاتصالات ، بحيث تعد هذه التقنية مهمة جدا في خفض درجة الحرارة الداخلية لمأوى لاتصالات، و بالتالي الإسهام بشكل كبير في خفض استهلاك الطاقة ،لاسيما في المناطق المعزولة.

يعتبر دمج نظام تزويد محطة هاتف يعمل بالطاقة الشمسية مع نظام تبريد سلبي - مبادل حراري هوائي أرضي - حلا جيد لحل مشكلة تزويد المحطات المعزولة بالطاقة، بحيث يصل عدد الألواح إلى 23 لوح من فئة 300 واط ، و 13 بطارية ذات سعة 150 Ah .

كما يمكن إدخال بعض التحسينات على نظام التبريد السلبي للزيادة من كفاءة التبريد و ذلك بإضافة عازل حراري حول مخرج المبادل الحراري الهوائي الأرضي حتى نقل من ضياع كمية التبريد.

بعد ذلك قمنا بعرض للدراسة متعددة المعايير لتصميم مأوى جديد يتناسب و المنطقة المناخية التي يتواجد بها، و ذلك بغرض عرض مخطط للتجارب يسمح في الدراسات اللاحقة لانتقاء أفضل الحلول، و تصميم مأوى يخضع لمختلف المعايير التي تؤثر في أدائه؛ سواء من حيث التزويد بالطاقة، أو من حيث دمج أنظمة التبريد السلبي و التي تسمح بتوفير التكيف المناسب الذي يتلائم و المنطقة المناخية التي يتواجد بها.

كما نأمل في الأخير إلى؛ دراسة متعددة المعايير لمأوى الاتصالات تأخذ بعين الاعتبار جميع العوامل التي من شأنها أن تسهم في تطوير تزويد مأوى الاتصالات بالطاقة ، ودمج أنظمة تبريد سلبية أخرى تتناسب مع العوامل المناخية التي تحيط بها.

قائمة المراجع

قائمة المراجع

- [1] H.MEGNAFI, N.BOUKLI-HACENE, A.BERRICHE “Optimisation dans le réseau GSM”, ISBN : 978-613-1-58779-5, Edition Européenne, (2011).
- [2] S.C.MAHAMAT et I.A.R.BAWA, “Optimisation des réseaux GSM pour la migration vers l’UMTS”, Institut des Télécommunications Abdelhamid Boussof d’Oran, soutenu (Juin 2005).
- [3] Romuald, J. Le puits canadien ou puits provençal, Centre d’Etudes Techniques de l’Équipement de Lyon (CETE), (novembre 2005).
- [4] ZNATY, “Global System for Mobile Communications Architecture, Interfaces et Identités”, (2008).
- [5] Hi-Tech Industrial Park, Nanshan District, Shenzhen, “ GB_000_E1 GSM, GPRS, EDGE Basics”, ZTE Plaza, Keji Road South, ZTE CORPORATION.
- [6] B. Dokkar, 2012, these :Amélioration de la performance d’une pile à combustible de type PEMFC à faible humidification. Application sur des équipements à faible et moyenne puissance, Université Mohammed Boudiaf USTO – Oran
- [7] A. I. Dounis and C. Caraiscos, —Advanced control systems engineering for energy and comfort management in a building environment—A review, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 13, no. 6–7, pp. 1246–1261, Aug. 2009.
- [8] Deb K (2000) An efficient constraint handling method for genetic algorithms. *Comput Methods Appl Mech Eng* 186:311–338. doi: 10.1016/S0045-7825(99)00389-8.
- [9] Med Bouattour et Fuchs Alain, LA VEGETALISATION DES BATIMENTS direction régionale de l’équipement ile de France (2009).
- [10] AKCHICHE Zineb, Etude de comportement d’une cheminée Solaire en vue de l’isolation thermique, Mémoire de magistère option : Energétique et Procédés, Université Kasdi Merbah Ouargla (2011).
- [11] Miyazaki, T. & Akisawa, A. Kashiwagi, T. 2006. The effects of solar chimneys on thermal load mitigation of office buildings under the Japanese climate, *Renewable Energy*, Vol : 31, pp. 987–1010.
- [12] NEUF : « climat intérieure/ confort, santé, confort visuel » *Revue européenne d’architecture* N°77, novembre décembre 1978. P12.
- [13] Ahmadou Samba al, boucle thermosiphon en deux phases pour le refroidissement des équipements de télécommunication à l’extérieur, *Applied Thermal Engineering* 50 (2013).
- [14] Benlatreche Toufik, Effets thermo-radiatifs et caractérisation microclimatique des cours intérieures dans les édifices publics, Mémoire de magister, université Mentouri, Constantine, (2006).
- [15] « Données climatologiques », Office national de la métrologie, Station d’Ouargla, (2020).
- [16] Boubekeur Dokkar, Refroidissement passif de l’abri de télécommunication à shelter d’une cheminée solaire avec échangeur de chaleur Terre-Air, Conférence de procédure, Espagne, Espagne, (2014).
- [17] Nesrine Hatraf, Simulation du comportement d’un échangeur Air/sol destiné au rafraîchissement des locaux, Premier Séminaire National de Génie Mécanique (SNGM01), Décembre (2011), Département de génie mécanique-Université de Biskra-Algérie
- [18] Nadia SAIFI, 2015. Contribution a la conception des batiments a faible consommation d’ energie dans les zones arides. mémoire de doctorat, Université Kasdi Merbah Ouargla.

- [19] N. Moumami, H. Benfatah, N. Hatraf, A. Moumami et S.Youcef Ali, " Le rafraîchissement par la géothermie: étude théorique et expérimentale dans le site de Biskra", Revue des Energies Renouvelables Vol. 13 N°3, pp. 399 - 406, (2010).
- [20] Tisza K, 2014. Gis-based suitability modeling and multi-criteria decision analysis for utility scale solar plants in four states in the southeast US. Thèse de doctorat. Clemson University,
- [21] Faures K, 2007. Systèmes d'information géographique perfectionnement. Conseil Environnement Représentations Cartographiques Informations Spatialisées (CERCIS)
- [22] GOUAREH A, 2017. Maîtrise et optimisation de la gestion énergétique, Thèse de doctorat, Université Djillali Liabès de Sidi Bel Abbès.
- [23] Lavenu G, 2013. Qu'est ce qu'un SIG ? Les usages et les apports à l'échelle d'une métropole. Séminaire Metropolis
- [24] Conchita G, 2011. SIG et analyse multicritère pour l'aide à la décision en agriculture urbaine dans les pays en développement, cas de Ouagadougou au Burkina Faso. Thèse de doctorat, Université Paris 8
- [25] Document interne (fichier Excel) de Direction maintenance de Mobilis de Ouargla, Février 2014.
- [26] Hocine B, 2018. Contribution au développement d'une conception énergétique de bâtiment à basse consommation d'énergie. Application aux régions du sudAlgérien. Thèse de doctorat Université Kasdi Merbah Ouargla.
- [27] Shea K, Sedgwick A, Antonunnto G (2006) Multicriteria optimization of paneled building envelopes using ant colony optimization. In: Smith IFC (ed) Intelligent Computing in Engineering and Architecture. Ascona, pp 627-636
- [28] Dorigo, M., Di Caro, G., and Cambardella, L. M. (1999). Ant algorithms for discrete optimization. *Art. Life*, 5 (2), pp. 137-172.
- [29] Jacques Goupy, Lee Creighton, 2008 , Introduction to Design of Experiments, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, ISBN 978-1-59994-422-7
- [30] Yousaf Ali Khalid, Phd: Controllability of Building Systems, 2011, University of Strathclyde.
- [31] TINSSON, Walter, 2010. Plans d'expérience constructions et analyses statistiques. Berlin; Heidelberg; London : Springer. ISBN 978-3-642-11471-7
- [32] ASHRAE Fundamentals Handbook (SI), pp. 8.16 , 2001.
- [33] GOUPY, Jacques, 2013. Introduction aux plans d'expériences: avec applications. Paris : "l'Usine nouvelle : Dunod. ISBN 978-2-10-059296-8
- [34] Dorigo, M., Maniezzo, V., and Coloni, A. (1996). Ant system: optimization by a colony of cooperating agents. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics . Part B*, 26 (1), pp. 29-41.
- [35] Kolokotsa, D., Diakaki, C., Grigoroudis, E., Stavrakakis, G. and Kalaitzakis, K. (2009). Decision support methodologies on the energy efficiency and energy management in buildings. *Advances in building energy research* 3(1), pp.121-146.
- [36] ROY, Bernard, 1985. Méthodologie multicritère d'aide à la décision. Paris : Economica.
- [37] Werner H. Terjung, Climatology for geographers, 1976 *Annals of the Association of American Geographers*.
- [38] Konya A. 1980 , Design Primer for Hot Climates .
- [39] BOREL J. ' Application du règlement de la construction en Algérie. Définition des zones climatiques', Cahier du CSTB N° 57, Paris 1962.
- [40] Paolo C. et al, Active Learning of Pareto Fronts, *IEEE transactions on neural networks and learning systems*, vol. 25, no. 3, march 2014.

- [41] Ould-Henia A. 2003, these : Choix climatiques et construction. zones arides et semi arides. maison a cour de bou-saada.
- [42] Trčka M., Hensen J., Wetter M.: Co-simulation of Innovative Integrated HVAC Systems in Buildings, Journal of Building Performance Simulation, Vol. 2, No. 3, September 2009, p.209-230
- [43] R. Ghedamsi, N. Settou, A. Gouareh, A. Khamouli, N. Saifi, B. Reciou, B. Dokkar, Modeling and forecasting energy consumption for residential buildings in Algeria using bottom-up approach, 2015 , Energy and Buildings 121, 309-317 (2016).
- [44] Fadi Chlela , these : Developpement d'une methodologie de conception de bâtiments à basse consommation d'énergie, Electric power. Université de La Rochelle, 2008. French. <tel-00271813>.
- [45] B. Dokkar, 2012, these : Amélioration de la performance d'une pile à combustible de type PEMFC à faible humidification. Application sur des équipements à faible et moyenne puissance, Université Mohammed Boudiaf USTO – Oran
- [46] M. Louazene, Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque sur le site d'Ouargla, Thèse de magistère, 2008, université el Hadj Lakhdar, Batna.
- [47] B. Dokkar, B. Negroua, N. Settoua, Omar Imine, N. Chennouf , A. Benmhidi, Optimization of PEM fuel cells for PV-Hydrogen power system, Energy Procedia 36 (2013) 798 – 807
- [48] Catalogue de moteur diesel, ADEME, Mesure des caractéristiques des combustibles bois, Critt Bois – Fibois – CTBA JUILLET 2001
- [49] Nguyen, A. T.; Reiter, S.; Rigo, P. A review on simulation-based optimization methods applied to building performance analysis. Applied Energy 113 (2014) 1043–1058
- [50] Evins R (2013) A review of computational optimisation methods applied to sustainable building design. Renew Sustain Energy Rev 22:230–245. doi: 10.1016/j.rser.2013.02.004
- [51] Rivallain M. Étude de l'aide à la décision par optimisation multicritère des programmes de réhabilitation énergétique séquentielle des bâtiments existants. Université Paris-Est, 2013
- [52] Armand D. S. Développement d'une méthode d'optimisation multiobjectif pour la construction bois : prise en compte du confort des usagers, de l'impact environnemental et de la sécurité de l'ouvrage. Université de Bordeaux, 2015
- [53] Ehrgott, M. & Gandibleux, X. A survey and annotated bibliography of multiobjective combinatorial optimization, Spektrum (2000) 22: 425. <https://doi.org/10.1007/s002910000046>
- [54] Gero J, D'Cruz N, Radford A (1983) Energy in context: a multicriteria model for building design. Build Environ 18:99–107. [https://doi.org/10.1016/0360-1323\(83\)90001-X](https://doi.org/10.1016/0360-1323(83)90001-X), s.d.
- [55] Machairas V, Tsangrassoulis A, Axarli K (2014) Algorithms for optimization of building design: A review. Renew Sustain Energy Rev 31:101–112. doi: 10.1016/j.rser.2013.11.036
- [56] Chantrelle FP, Lahmidi H, Keilholz W, et al (2011) Development of a multicriteria tool for optimizing the renovation of buildings. Appl Energy 88:1386–1394. doi: 10.1016/j.apenergy.2010.10.002
- [57] Chelouah, R. (2000). Adaptation aux problèmes à variables continues de plusieurs métaheuristiques.

- [58] Kilkis S. A New Metric for Net-Zero Carbon Buildings. ASME. Energy Sustainability, ASME 2007 Energy Sustainability Conference ():219-224. doi:10.1115/ES2007-36263.
- [59] Wiener, N. 1938. « The homogeneous chaos ». American Journal of Mathematics, 897–936.
- [60] Eisenhower B, O’Neill Z, Narayanan S, et al (2012) A methodology for meta-model based optimization in building energy models. Energy Build 47:292–301. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.12.001.
- [61] Collette Y. ; Siarry P. Multiobjective optimization : principles and case studies Berlin : Springer, cop. 2004.
- [62] Berthiau G. , Siarry P. État de l'art des méthodes “d'optimisation globale” RAIRO - Operations Research, v35 n3 (200107): 329-365
- [63] S. Kirkpatrick, C. D. Gelatt Jr., M. P. Vecchi, Optimization by Simulated Annealing, Science13 May 1983 : 671-680
- [64] Černý V (1985) Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: An efficient simulation algorithm. J Optim Theory Appl 45:41–51. doi: 10.1007/BF00940812)
(Glover F (1986) Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. Comput Oper Res 13:533–549. doi: 10.1016/0305-0548(86)90048-1
- [65] Mladenović N, Hansen P (1997) Variable neighborhood search. Comput Oper Res 24:1097–1100. doi: 10.1016/S0305-0548(97)00031-2
- [66] Hansen P. (1986) “The steepest ascent mildest descent heuristic for combinatorial programming”, Congress on Numerical Methods in Combinatorial Optimization, Capri, Italy.
- [67] Fred Glover and Manuel Laguna. 1997. Tabu Search. Kluwer Academic Publishers, Norwell, MA, USA.
- [68] Aparicio Ruiz P, Guadix Martín J, Salmerón Lissén JM, Sánchez de la Flor FJ (2014) An integrated optimisation method for residential building design: A case study in Spain. Energy Build 80:158– 168. doi: 10.1016/j.enbuild.2014.05.020
- [69] Dréo, J., Petrowski, A., Siarry, P., et Taillard, E. 2003. Métaheuristiques pour l’optimisation difficile. Recuit simulé, recherché avec tabous, algorithmes évolutionnaires et algorithmes génétiques, colonies de fourmis. Eyrolles
- [70] Kennedy, J. et Eberhart, R. 1995. « A new optimizer using particle swarm theory ». In Micro Machine and Human Science, 1995. MHS’95., Proceedings of the Sixth International Symposium on, 39–43. IEEE.
<http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/494215/>.
- [71] Kennedy J, Eberhart R (1997) A discrete binary version of the particle swarm algorithm. In: IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. IEEE, pp 4104–4108
- [72] J. Kennedy, R.C. Eberhart, “A new optimizer using particle swarm theory,” Proceedings of the Sixth International Symposium on Micro Machine and Human Science, Nagoya, Japan, 1995, pp. 39-43.
- [73] Kusiak A, Xu G, Tang F (2011) Optimization of an HVAC system with a strength multi-objective particleswarm algorithm. Energy 36:5935–5943. doi: 10.1016/j.energy.2011.08.024
- [74] Yang R, Wang L (2012) Multi-objective optimization for decision-making of energy and comfort management in building automation and control. Sustain Cities Soc 2:1–7. doi: 10.1016/j.scs.2011.09.001
- [75] Rapone G, Saro O (2012) Optimisation of curtain wall façades for office buildings by means of PSO algorithm. Energy Build 45:189–196. doi: 10.1016/j.enbuild.2011.11.003

- [76] Deneubourg, J.-L., Aron, S., Goss, S., and Pasteels, J.-M. (1990). The self-organizing exploratory pattern of the argentine ant. *Journal of Insect Behaviour*, 3, pp. 159-168
- [77] Dorigo, M. (1992). *Optimization, learning and natural algorithms* . Phd thesis, DEI, Politecnico di Milano, Italy.

المخلص:

في هذه الأطروحة قمنا بمحاكاة عددية ببرنامج فلوانت تشتمل على إدراج الحلول للمأوى الحالي للاتصالات و ذلك بإضافة عوازل خارجية، ثم بإضافة مبادل حراري هوائي أرضي لتبريد الهواء قبل دخوله لمأوى الاتصالات من أجل خفض درجة حرارة مأوى الاتصالات، ثم أجرينا دراسة لتحديد حجم وقدرة محطة اتصال معزولة تعمل بالطاقة الشمسية، بحيث يتم دمج المأوى مع المبادل الحراري الهوائي الأرضي ليحل محل المكيفات الهوائية، ثم بعد ذلك قمنا بعرض لدراسة متعددة المعايير لتصميم مأوى جديد يتناسب و المنطقة المناخية التي يتواجد بها من خلال عرض نظرية تصميم التجارب، أظهرت النتائج بأن إضافة العوازل الخارجية أسهم في تقليل درجة حرارة الجدران الخارجية إلا أنه لا يكفي وأنه يحتاج إلى أنظمة تبريد إضافية، أما بالنسبة للمبادل الهوائي الأرضي أظهرت نتائج المحاكاة العددية المختلفة التي تم الحصول عليها بأنه في حالة رينولدز يساوي 2000، وجدنا أفضل قيمة لدرجة حرارة الهواء الخارج من المبادل الحراري الهوائي الأرضي $T = 31$ درجة مئوية بفارق يقدر ب 14 درجة مئوية بين المدخل و المخرج ، يعتبر دمج نظام تزويد محطة هاتف يعمل بالطاقة الشمسية مع نظام تبريد سلبي - مبادل حراري هوائي أرضي - حلا جيد لحل مشكلة تزويد المحطات المعزولة بالطاقة، بحيث يصل عدد الألواح إلى 23 لوح من فئة 300 واط ، و 13 بطارية ذات سعة 150 Ah، وفي الأخير تم عرض نظرية مخطط للتجارب لتصميم مأوى جديد يتناسب و المنطقة المناخية التي يتواجد بها.

الكلمات المفتاحية:

مأوى الاتصالات، الألواح العازلة ، المبادل الحراري الهوائي الأرضي، التحسين.

Résumé:

Dans cette thèse, nous avons effectué des simulations numériques avec le code Fluent qui comprend la recherche des solutions pour un abri de télécommunications en ajoutant des isolateurs externes. Puis, nous avons ajouté un échangeur de chaleur air-sol pour refroidir l'air avant d'entrer dans l'abri afin de réduire la son température, ainsi, nous avons mené une étude pour déterminer la taille et la capacité d'une station de télécommunication isolée. La station est alimentée par l'énergie solaire et combiné avec la géothermie par un échangeur air-sol pour remplacer les climatiseurs. Ensuite, nous avons présenté une étude d'optimisation multicritères pour concevoir un nouvel abri qui correspond à la région climatique concernée (Ouargla) en présentant la théorie de plan d'expériences. Les résultats montrent que l'ajout des isolateurs externes contribue à la réduction de la température des murs extérieurs, mais cela n'est pas suffisant et nécessite des systèmes de refroidissement supplémentaires. Quant à l'échangeur air-sol, dans le cas de Reynolds égal à 2000, les résultats des simulations numériques obtenues montrent que la meilleure valeur pour la température de sortie d'air de l'échangeur de chaleur est $T = 31$ °C avec une différence estimée de 14 °C entre l'entrée et la sortie. L'intégration d'un système d'alimentation solaire avec un système de refroidissement passif (échangeur) est une bonne solution pour résoudre le problème de l'alimentation électrique des stations isolées, que nécessite 23 modules photovoltaïques de 300 watts et 13 batteries Ah150. Enfin, une théorie des plans d'expériences est proposée pour concevoir un nouvel abri adapté à la zone climatique

Les mots clés:

Abri de télécommunications, plaques isolantes, échangeur air-sol, optimisation.