ANALYSE SOLAIRE DU TERRITOIRE DE THONON-LES-BAINS ET DES PROJETS DE ZONES AU DU P.L.U.

ANALYSE SOLAIRE DU TERRITOIRE DE THONON-LES-BAINS ET DES PROJETS DE ZONES AU DU P.L.U.

Maîtrise d'ouvrage et financement
Etude dans le cadre du P.L.U. commanditée par la commune de Thonon-les-Bains (acte d'engagement en date du 4 décembre 2012)

	Commune de Thonon-les-Bains Mairie de Thonon-les-Bains place de l'Hôtel de ville 74200 Thonon-les-Bains téléphone 04 50 70 69 68 télécopie 04 50 70 69 54 mairie@ville-thonon.fr www.ville-thonon.fr

Conception et élaboration
Etude conçue et élaborée par Luc Laurent (Bioinsight)

	Bioinsight 20 rue Bellecombe 69006 Lyon téléphone/télécopie 04 72 74 03 99 Siret 394 265 193 00034 A.P.E. 742 C urbanisme-et-environnement@bioinsight.fr www.bioinsight.fr

SOMMAIRE

1 ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE 173
1.1 Données météorologiques 173
1.2 Paramètres climatologiques 175
1.2.1 Insolation 175
1.2.2 Rayonnement 176
1.2.3 Températures moyennes 179
1.2.4 Précipitations 180
1.2.5 Vents 181
1.3 Analyse bioclimatique 183
1.3.1 Les apports solaires en hiver 183
1.3.2 L'exposition aux vents 184

2 ANALYSE DU TERRITOIRE : MASQUES OROGRAPHIQUES ET ORIENTATION DU SOL 185
2.1 Méthodologie 185
2.1.1 Introduction : stratégie du chaud contre stratégie du froid et masques solaires 185
2.1.2 Stéréographies : relief et trajectoires du Soleil 185
2.1.3 Mesure et paramètres 187
2.2 Cartographie de l'ensoleillement du territoire : masques orographiques 188
2.2.1 Insolation 188
2.2.2 Energie 189
2.2.3 Puissance moyenne en tenant compte de l'orientation du sol 190

3 ANALYSE DES ZONES AU : MASQUES OROGRAPHIQUES ET ORIENTATION DU SOL, MASQUES CONSTRUITS 192
3.1 Méthodologie 192
3.2 Zones AU du projet du 08.04.13. à l'échelle du territoire 193
3.3 Zones AU du projet du 08.04.13. 194
3.3.1 Zone AU Marclaz 194
3.3.1.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol 194
3.3.1.2 Masques construits et orographiques internes 196
3.3.2 Zone AU Corzent 198
3.3.2.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol 198
3.3.2.2 Masques construits et orographiques internes 200
3.3.3 Zone AU Collonges 202
3.3.3.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol 202
3.3.3.2 Masques construits et orographiques internes 205
3.3.4 Zone AU Morillon 207
3.3.4.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol 207
3.3.4.2 Masques construits et orographiques internes 209
3.3.5 Zone AU Concise 211
3.3.5.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol 211
3.3.5.2 Masques construits et orographiques internes 213
3.3.6 Zone AU Vongy 215

3.3.6.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol 215
3.3.6.2 Masques construits et orographiques internes 217

4 DOCUMENTS DE REFERENCE 219

1 ENVIRONNEMENT CLIMATIQUE

1.1 Données météorologiques

L'environnement climatique de Thonon-les-Bains est décrit à partir des statistiques interannuelles météorologiques de différents paramètres climatologiques. Afin de prendre en compte le réchauffement climatique, seules les mesures d'une période très récente, soit un peu plus de la dernière décennie, ont été considérées en signalant les valeurs de l'année 2003.

Les données météorologiques pour Thonon-les-Bains sont disponibles sous trois formes :

- les données brutes (valeurs et graphes) de la station Inra de Thonon-les-Bains couvrant la période de 1953 à 2011 mises à disposition par la Mairie de Thonon-les-Bains, données qui seront exploitées sur la période 2000-2011 ;
- la fiche statistique de Météo France de la station Inra de Thonon-les-Bains pour la période du 1er janvier 2000 au 31 décembre 2011 (encadré ci-dessous) ;
- la rose des vents de la station de Douvaine, commune non littorale située à environ 15 km au sud-ouest de Thonon-les-Bains et à trois km des rives du lac Léman, pour la période du 3 avril 2009 au 31 octobre 2012, puisque le capteur vents de la station Inra de Thonon-les-Bains a été déréglé de plus de 45° (chapitre vents).

STATISTIQUES INTER−ANNUELLES

De 2000 à 2011

THONON−INRA (74)

Indicatif : 74281001, alt : 376 m., lat : 46°22'00"N, lon : 06°27'18"E

Eléments météorologiques	Janv.	Févr.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Températures													
moyenne des températures :													
minimales quotidiennes : Tn	0.5	0.9	3.3	6.6	10.8	14.5	15.8	15.6	12.4	9.1	4.6	1.5	8.0
maximales quotidiennes : Tx	5.1	6.8	10.5	15.1	19.4	23.5	24.9	24.6	20.3	15.5	9.7	6.0	15.1
moyennes quotidiennes : (Tn+Tx)/2	2.8	3.9	6.9	10.9	15.1	19.0	20.4	20.1	16.4	12.3	7.1	3.7	11.5
minimale la plus basse	−7.7	−6.5	−9.3	−2.8	3.8	5.7	9.0	9.6	4.7	−0.9	−5.2	−11.0	−11.0
date	*31/2005*	*1/2003*	*1/2005*	*8/2003*	*4/2002*	*1/2006*	*4/2007*	*27/2011*	*26/2002*	*26/2003*	*27/2010*	*20/2009*	*20/12/2009*
maximale la plus élevée	17.5	16.2	22.4	25.7	31.2	34.1	34.2	36.0	29.0	25.0	20.8	15.3	36.0
date	*2/2003*	*7/2001*	*23/2001*	*29/2010*	*25/2009*	*23/2003*	*9/2010*	*5/2003*	*15/2000*	*2/2001*	*25/2006*	*2/2011*	*5/8/2003*
nombre moyen de jours :													
de fortes gelées (Tn <= −5°C)	0.8	0.5	0.3	.	.	.	.	.	.	.	0.1	1.2	2.9
de gel (Tn <= 0°C)	15.3	11.5	4.8	0.2	.	.	.	.	.	0.1	2.4	9.5	43.8
sans dégel (Tx <= 0°C)	3.2	1.0	0.3	.	.	.	.	.	.	.	0.1	1.2	5.8
chauds (Tx >= 25°C)	.	.	.	0.3	3.3	11.7	15.9	13.9	3.0	0.1	.	.	48.2
très chauds (Tx >= 30°C)	.	.	.	.	0.3	2.5	2.6	2.1	.	.	.	.	7.5
Précipitations													
hauteur moyenne mensuelle	60.5	46.7	72.1	66.8	83.8	77.4	102.4	115.9	73.2	89.8	78.7	74.7	942.0
hauteur maximale quotidienne	39.0	22.0	50.5	61.0	36.5	43.0	43.5	50.5	47.5	39.5	62.5	37.5	62.5
date	*6/2001*	*25/2007*	*12/2001*	*9/2006*	*1/2002*	*27/2002*	*3/2007*	*12/2008*	*6/2008*	*21/2002*	*14/2002*	*31/2008*	*14/11/2002*
nombre moyen de jours :													
avec hauteur quotidienne >= 1 mm	9.1	8.0	9.9	8.2	11.8	8.3	10.3	10.6	7.6	9.9	10.3	10.8	114.8
avec hauteur quotidienne >= 10 mm	2.0	1.4	2.2	2.3	2.8	2.8	3.8	4.3	2.8	3.2	2.6	2.5	32.7
ETP													
moyenne des ETP mensuelles	10.1	17.9	44.8	76.4	107.4	136.7	140.2	113.1	70.8	34.2	13.8	11.0	776.4
Insolation (2000/2004)													
durée moyenne mensuelle	55.9	98.6	170.5	206.6	248.5	−	279.4	251.7	203.2	123.3	65.8	45.3	−
Rayonnement													
moyenne mensuelle	10754	18399	35638	51185	61475	70724	69788	58419	42713	25310	12594	7922	464921
Vent (2000/2010)													
moyenne du vent moyen	6.5	6.4	6.4	4.8	4.4	4.7	4.6	4.0	5.4	5.2	6.4	7.0	5.5
maximum du vent instantané quotidien	100.8	136.8	82.8	86.4	90.0	108.0	100.8	75.6	93.6	108.0	90.0	97.2	136.8
date	*2/2007*	*16/2006*	*2/2003*	*12/2000*	*24/2007*	*13/2005*	*9/2007*	*17/2003*	*4/2009*	*25/2004*	*14/2004*	*11/2007*	*16/2/2006*
nombre moyen de jours :													
avec rafales > 16 m/s (soit 58 km/h)	2.3	−	−	−	−	1.3	−	−	−	1.2	−	−	−
avec rafales > 28 m/s (soit 100 km/h)	0.1	−	−	−	−	0.1	−	−	−	0.1	−	−	−
Occurrences													
nombre moyen de jours :													
de neige	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
de grêle	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
d'orage													
de brouillard													

− : donnée manquante ; lorsqu'un paramètre n'est pas mesuré il n'y a pas de valeur associée (colonne ou case vide) ; **.** : donnée égale à 0
Unités : les températures sont exprimées en degrés Celsius (°C), les précipitations et l'évapotranspiration potentielle (ETP) en millimètres (mm), les durées d'insolation en heures, le rayonnement en Joules/cm², le vent en km/h et les occurrences en nombre de jours.
Lorsque la période de mesure d'un paramètre diffère de la période globale, la période de mesure de ce paramètre est précisée entre parenthèses.

Page 1/1

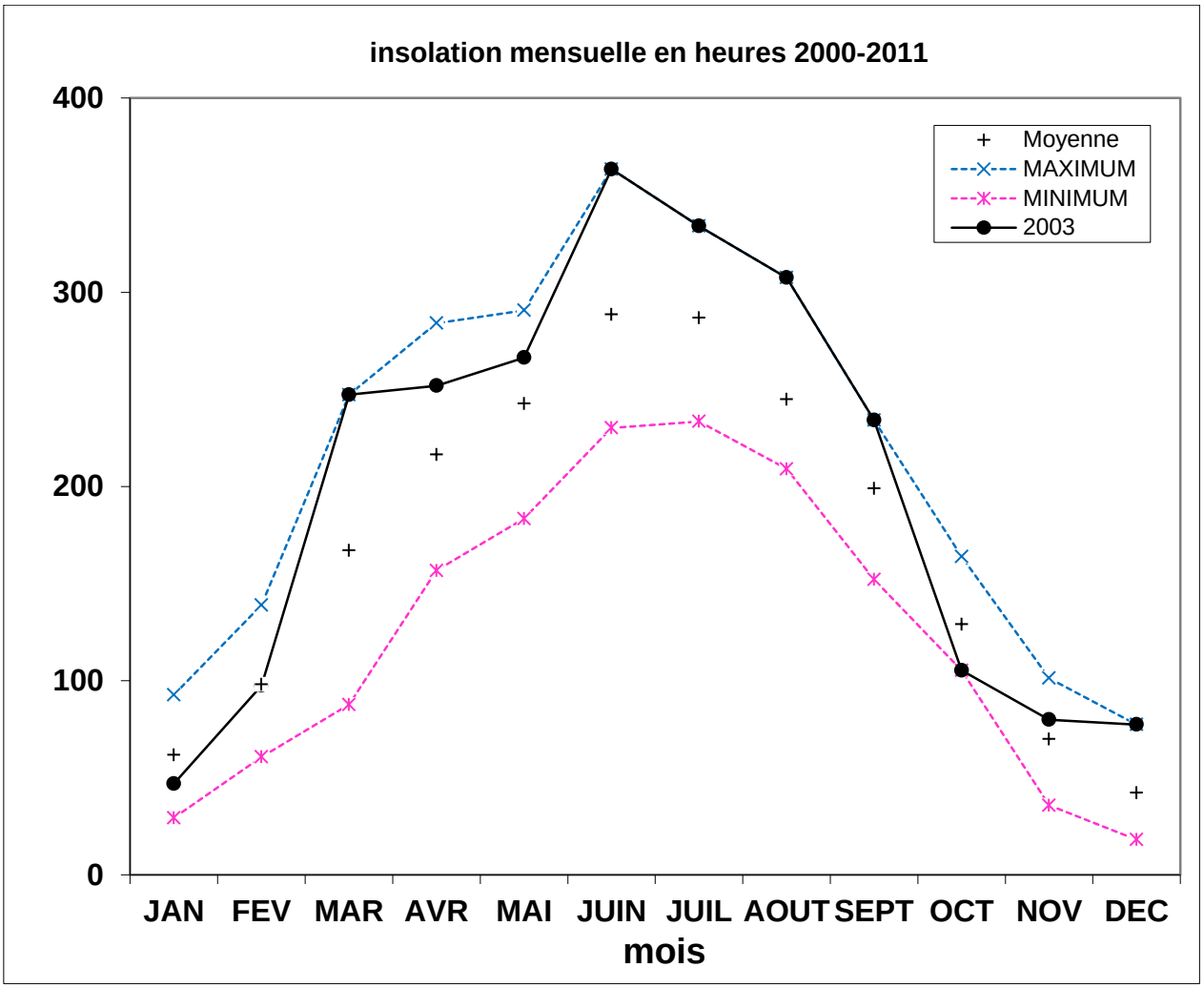
1.2 Paramètres climatologiques

1.2.1 Insolation

La durée effective d'insolation en un lieu est la durée d'exposition au rayonnement solaire direct d'éclairement supérieur à 120 W/m² (ombres portées nettement dessinées) soumise aux seuls trois paramètres suivants : différence entre lever et coucher du soleil due à la latitude du lieu (durée astronomique d'insolation) ; altitude et topographie du lieu (durée géographique d'insolation qui module la durée astronomique d'insolation) ; couverture nuageuse à un moment donné (nébulosité). La durée effective d'insolation ne peut donc pas être calculée mais uniquement mesurée chaque jour en un lieu.

D'après les données brutes de la station Inra de Thonon-les-Bains, l'insolation (durée effective d'insolation) a été mesurée en moyenne annuelle à 2045,8 heures au cours de cette période 2000-2011 (2411,7 heures en 2003). Par comparaison, il a été relevé 1867,2 heures/an d'insolation à Chambéry en moyenne annuelle de 1973 à 2008 (1857,5 heures à Thonon-les-Bains pour cette même période).

Les moyennes mensuelles pour la seule période 2000-2004 sont indiquées dans la fiche statistique de Météo France sans mention, toutefois, d'une moyenne annuelle, par manque d'une moyenne mensuelle pour le mois de juin. Pour la période 2000-2011, le graphe ci-dessous issu des données brutes montre les moyennes mensuelles.

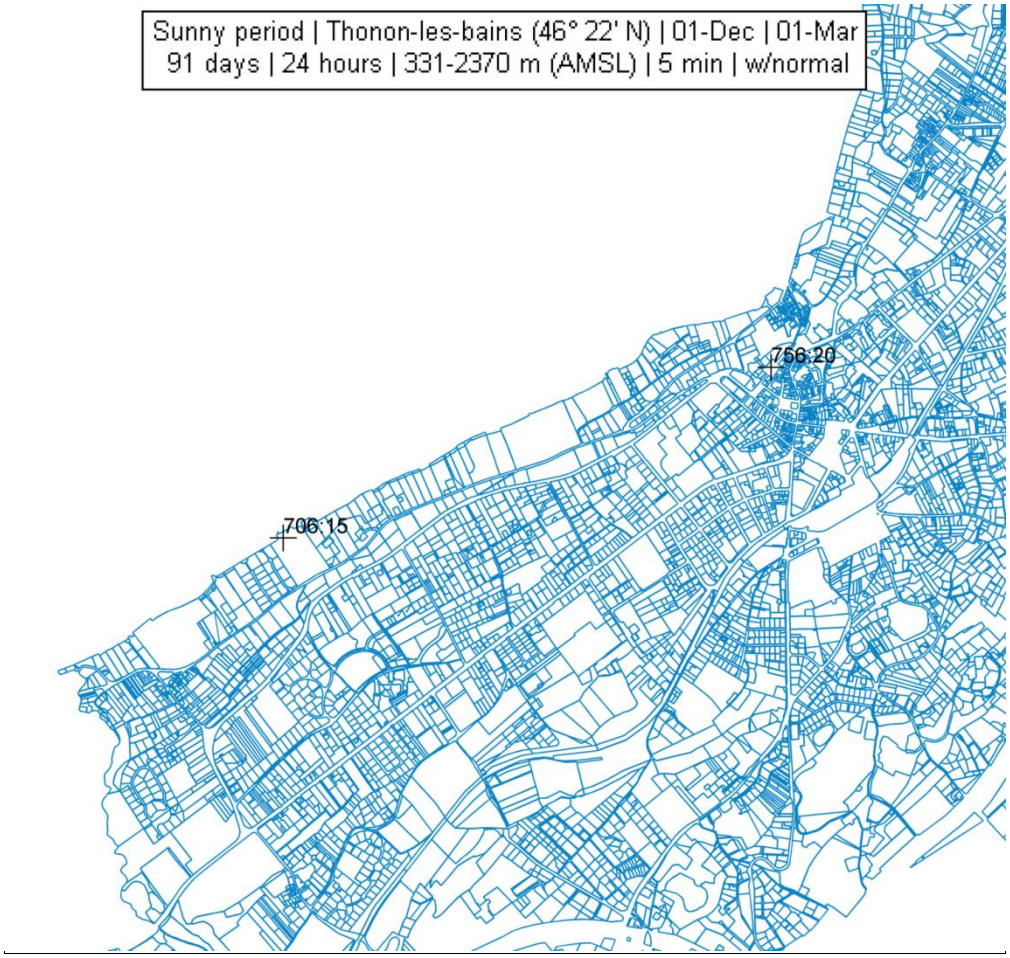


graphe des données brutes de la station Inra recalculé pour la période 2000-2011

D'après les données brutes de la station Inra de Thonon-les-Bains, l'insolation (durée effective d'insolation) moyenne hivernale d'une année n (cumul des insolations mensuelles des trois mois : décembre année n-1, janvier année n et février année n) est de 204,0 heures (2,24 heures/jour en moyenne pour 91 jours) avec un maximum de 260,7 heures en 2004 et un minimum de 130,5 heures en 2010 (162,6

heures en 2003). La fiche statistique de Météo France fournit pour la période 2000-2004 une valeur hivernale moyenne de 199,8 heures (somme des moyennes mensuelles des mois de décembre, janvier et février).

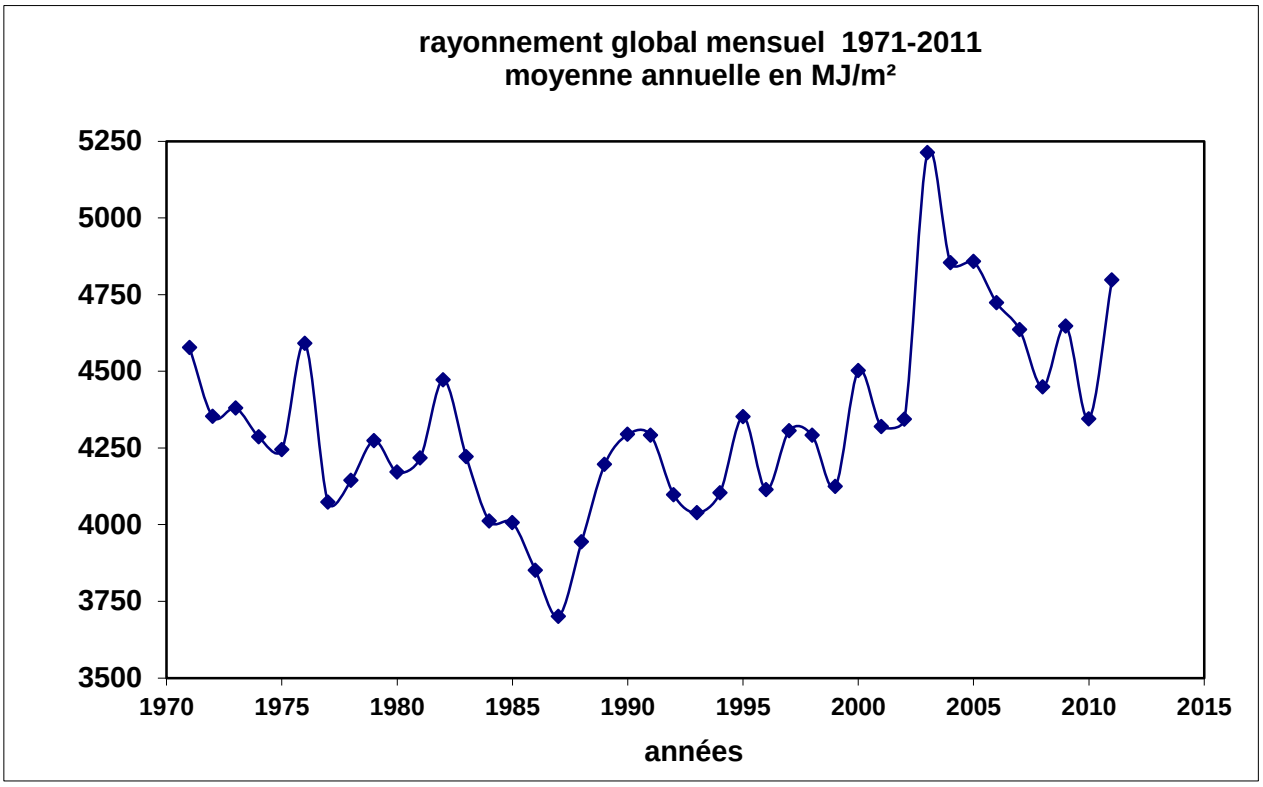
Pour cette durée hivernale du 1 décembre au 1er mars (91 jours), la durée géographique d'insolation sans tenir compte du bâti (insolation théorique maximale) calculée pour un capteur placé au sol à la station de l'Inra de Thonon-les-Bains est respectivement de 706,25 heures contre 756,33 heures pour un capteur placé au sol devant la mairie en l'absence (carte ci-dessous).



La durée effective d'insolation hivernale moyenne (de l'ordre 200 heures) mesurée à l'Inra de Thonon-les-Bains représente donc 28,3 % de la durée géographique d'insolation hivernale au même endroit.

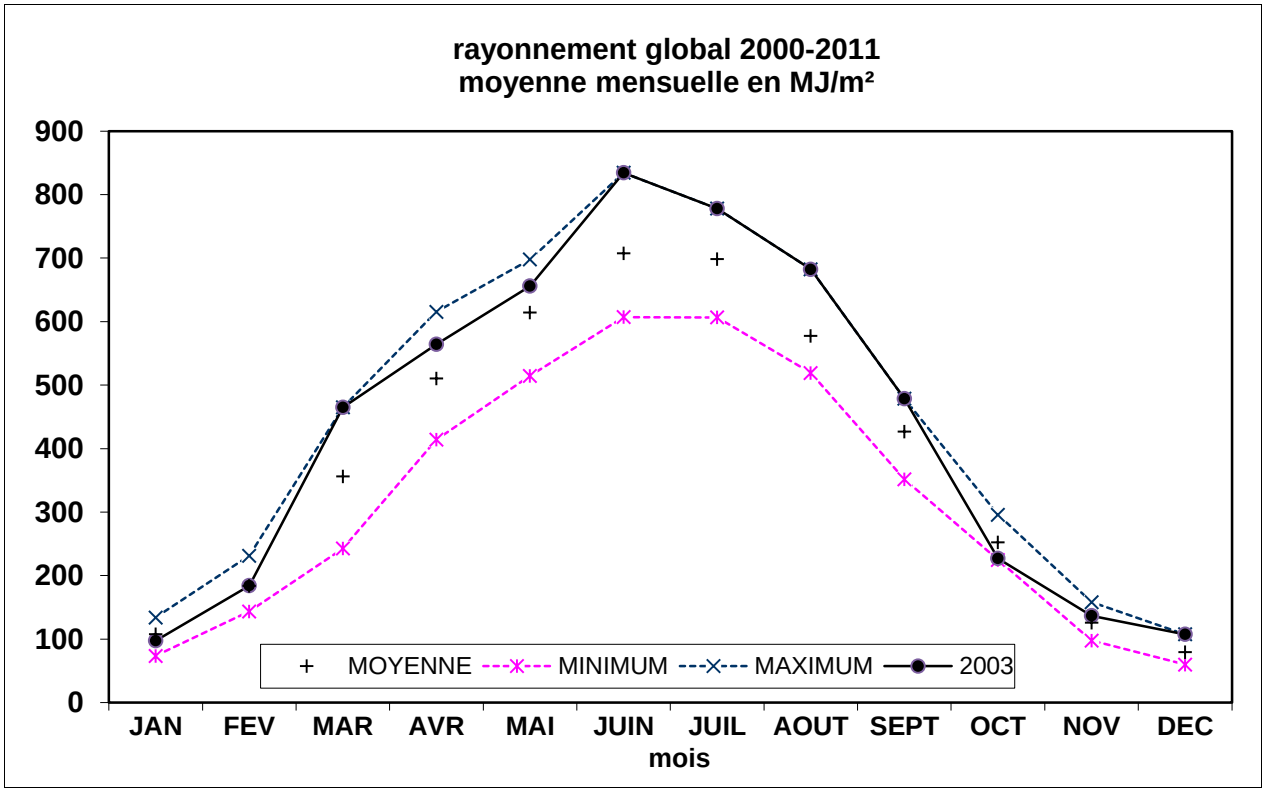
1.2.2 Rayonnement

Le rayonnement correspond à l'énergie solaire reçue au sol. Il est généralement mesuré sous sa forme globale (rayonnement solaire direct + rayonnement solaire diffus) par un capteur horizontal placé à un mètre du sol sans seuil minimal d'énergie reçue. Le rayonnement global à Thonon-les-Bains est mesuré en moyenne annuelle à 464 921 joules/cm² pour la période 2000-2011 (fiche statistique ci-dessus), soit 4649,21 MJ (million de joules)/m². D'après les données brutes (graphe ci-dessous de la période 1971-2011), la moyenne annuelle pour la période 2000-2011 est 4640,3 MJ/m² équivalent à 1288,97 kWh/m² (5212,1 MJ /m² équivalent à 1447,8 kWh/m² en 2003).



graphe des données brutes de la station Inra en MJ/m²

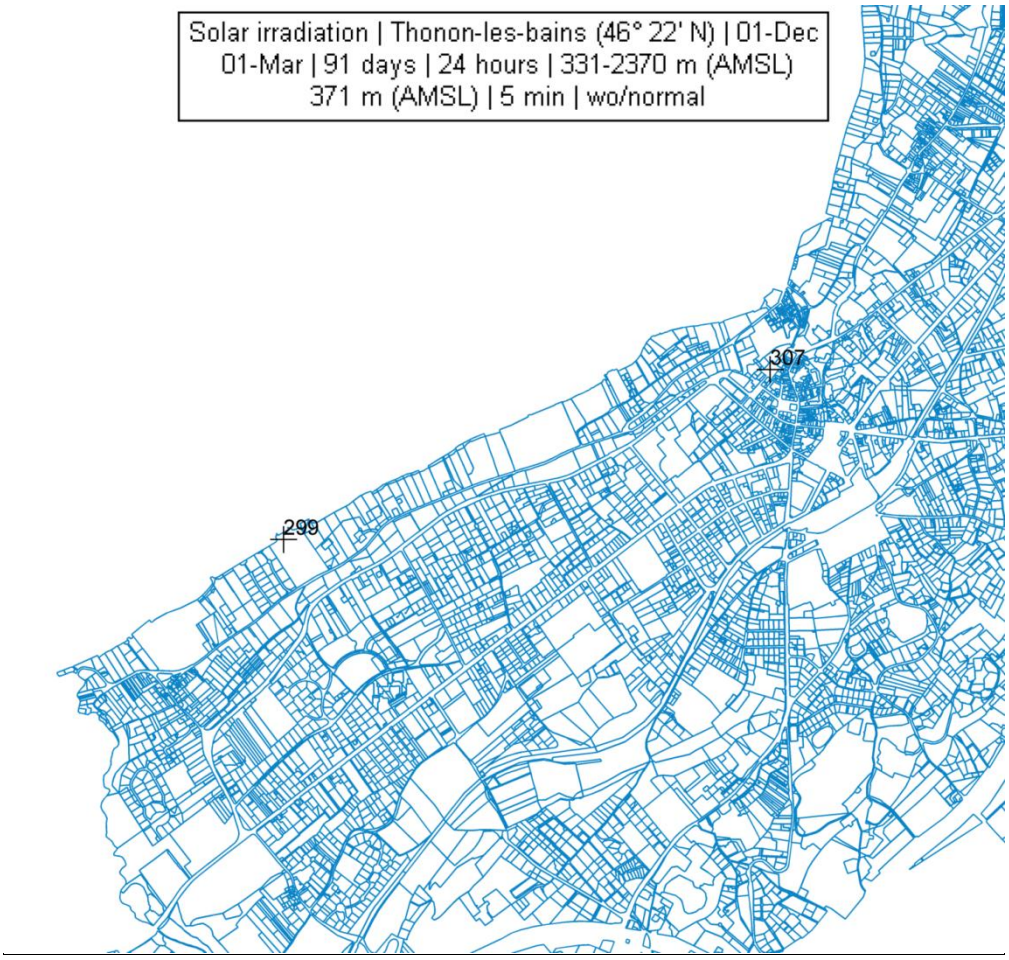
Les moyennes mensuelles pour la période 2000-2011 sont mentionnées dans la fiche statistique (en joules/cm²) et le graphe ci-dessous (en MJ/m²) des données brutes de la station Inra.



graphe des données brutes de la station Inra en MJ/m² recalculé pour la période 2000-2011 en figurant l'année 2003

D'après les données brutes de la station Inra de Thonon-les-Bains, l'énergie moyenne hivernale reçue au sol d'une année n (cumul du rayonnement global mensuel des trois mois : décembre année n-1, janvier année n et février année n) est de 372,8 MJ/m² (équivalent à 103,6 kWh/m²), avec un maximum de 436,4 MJ/m² en 2004 et un minimum de 300,5 MJ/m² en 2010 (342 MJ/m² en 2003).

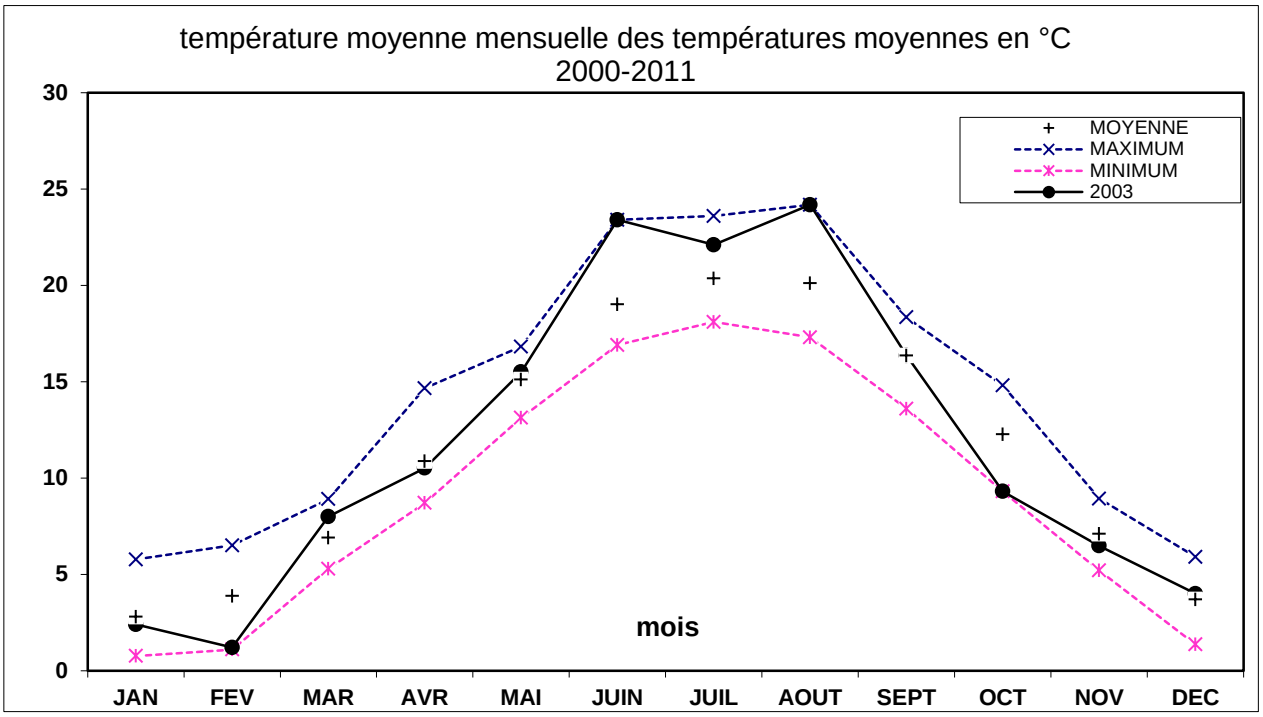
Pour cette durée hivernale du 1 décembre au 1er mars (91 jours), le rayonnement direct théorique maximal puisque sans nébulosité calculé au sol (sans tenir compte du bâti) à la station de l'Inra de Thonon-les-Bains est de 73,1 kWh/m² (94,8 devant la mairie) pour un capteur directionnel tenant en compte l'orientation du sol contre 299 kWh/m² (307 devant la mairie) pour un capteur non directionnel (cartes ci-dessous).



1.2.3 Températures moyennes

La température moyenne annuelle des moyennes mensuelles des températures moyennes quotidiennes de la période 2000-2011 indiquée dans la fiche statistique est de 11,5 °C.

Les températures moyennes mensuelles des températures moyennes quotidiennes de la période 2000-2011 sont également mentionnées dans la fiche statistique de Météo France et le graphe ci-dessous issu des données brutes de la station Inra.

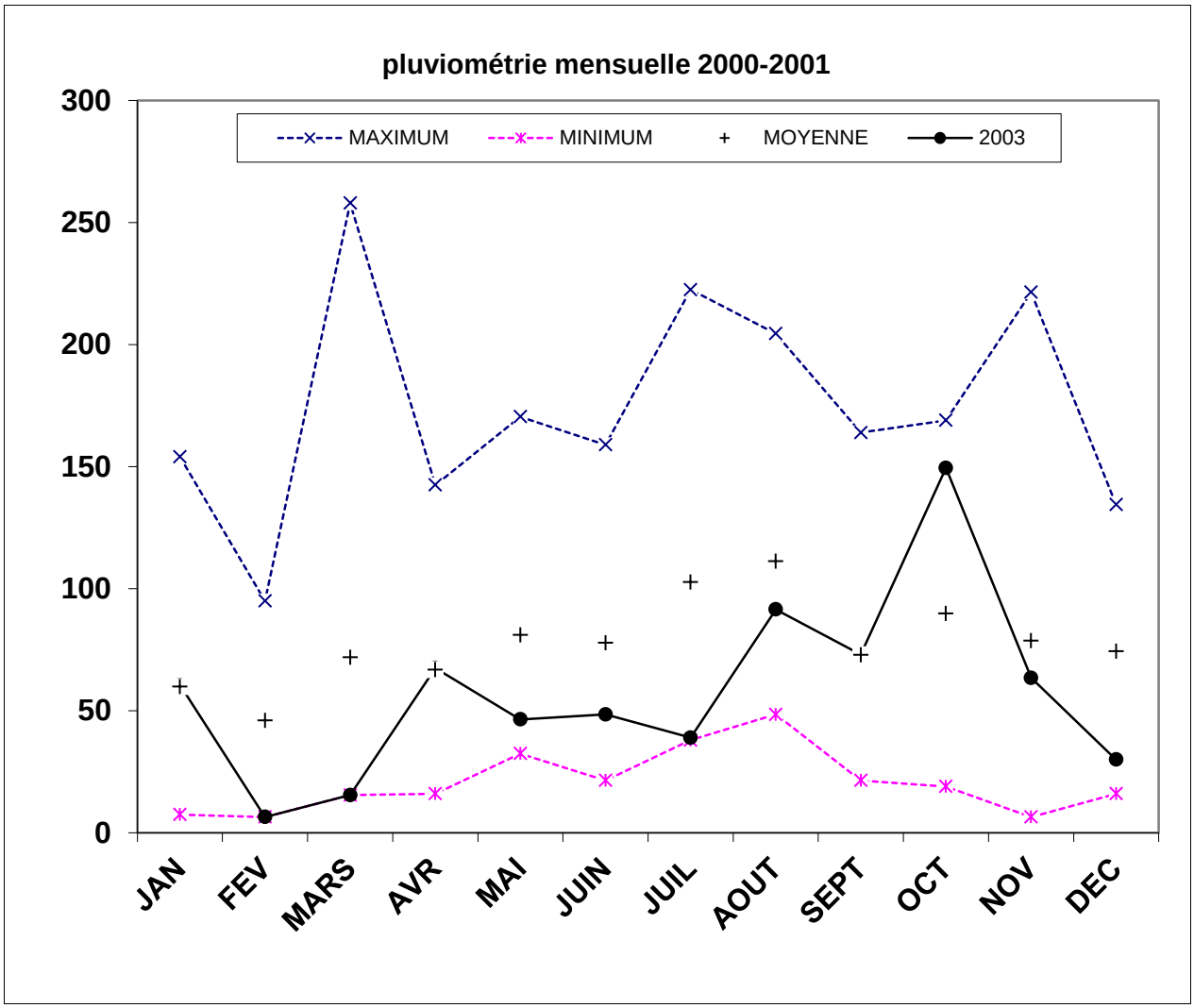


graphe des données brutes de la station Inra recalculé pour la période 2000-2011 en figurant l'année 2003

1.2.4 Précipitations

La pluviométrie moyenne annuelle des hauteurs moyennes mensuelles de la période 2000-2011 indiquée dans la fiche statistique est de 942 mm/an (691,5 mm en 2003 d'après les données brutes de la station Inra de Thonon-les-Bains). Par comparaison, il a été relevé 1255,7 mm/an à Chambéry de 1973 à 2008 (963,8 mm/an à Thonon-les-Bains pour cette période 1973-2008 d'après les données brutes de la station Inra de Thonon-les-Bains).

Les pluviométries moyennes mensuelles de la période 2000-2011 sont mentionnées dans la fiche statistique de Météo France et le graphe ci-dessous issu des données brutes de la station Inra.



graphe des données brutes de la station Inra recalculé pour la période 2000-2011 en figurant l'année 2003

1.2.5 Vents

A l'égard du paramètre « vents » et des statistiques des vents (vent horaire à 10 m moyenné sur 10 minutes), sont donc exploitées les statistiques de la station de Douvaine, pour la période du 3 avril 2009 au 31 octobre 2012, puisque le capteur vents de la station Inra de Thonon-les-Bains a été déréglé. D'après Météo France, ces données de la station de Douvaine apparaissent les plus cohérentes pour la situation de Thonon-les-Bains. Cette rose des vents de Douvaine confirme d'ailleurs le « ressenti à Thonon-les-Bains, bien que les vents apparaissent plus forts à Thonon-les-Bains qu'à Douvaine ».

La rose des vents de cette station de Douvaine pour cette période du 3 avril 2009 au 31 octobre 2012 montre deux composantes majeures (rose des vents ci-dessous) :

1. un secteur nord-nord-est (22,5 °) à nord-est (45°) avec des vitesses de 1,5 m/s (4,5 km/h), 4,5 m/s (16,2 km/h) à 8 m/s (28,8 km/h), ne dépassant que rarement 8 m/s ;
2. un secteur sud-ouest (225°) sensiblement de même intensité.

Plus précisément en matière de fréquence, les vents de direction 20 à 40° totalisent 26,9 % des mesures contre 23,9 % pour les vents de direction 180 à 220 °. Les vents de force supérieure à 8 m/s ont une fréquence de 2,1 % et sont limités à ces deux seuls secteurs 20-40° et 180-220°.

ROSE DES VENTS

Vent horaire à 10 mètres, moyenné sur 10 mn

Du 03 AVRIL 2009 au 31 OCTOBRE 2012

DOUVAINE SA (74)

Indicatif : 74105002, alt : 470 m., lat : 46°18'06"N, lon : 06°19'06"E

Fréquence des vents en fonction de leur provenance en %

Valeurs trihoraires entre 0h00 et 21h00, heure UTC

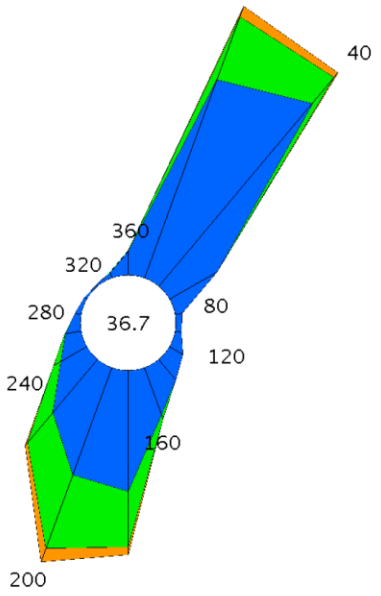


Tableau de répartition
Nombre de cas étudiés : 10457
Manquants : 7

Dir.	[1.5;4.5 [	[4.5;8.0]	> 8.0 m/s	Total
20	10.0	3.2	0.5	13.7
40	11.3	1.6	0.3	13.2
60	2.6	+	0.0	2.6
80	0.3	0.0	0.0	0.3
100	0.3	0.0	0.0	0.3
120	0.7	+	0.0	0.8
140	1.3	+	0.0	1.3
160	2.4	0.2	0.0	2.6
180	5.8	2.6	0.4	8.7
200	5.4	3.7	0.7	9.8
220	3.3	1.8	0.2	5.4
240	1.4	0.4	+	1.8
260	0.8	+	0.0	0.8
280	0.3	0.0	0.0	0.3
300	0.1	0.0	0.0	0.1
320	0.1	0.0	0.0	0.1
340	0.3	+	0.0	0.3
360	1.1	+	0.0	1.2
Total	47.5	13.7	2.1	63.3
[0;1.5 [				36.7

Groupes de vitesses (m/s)

[1.5;4.5 [[4.5;8.0] > à 8.0

Pourcentage par direction

0% 5% 10%

Dir. : Direction d'où vient le vent en rose de 360° : 90° = Est, 180° = Sud, 270° = Ouest, 360° = Nord
le signe + indique une fréquence non nulle mais inférieure à 0.1%

Page 1/1

1.3 Analyse bioclimatique

1.3.1 Les apports solaires en hiver

Alors que l'insolation et les précipitations mensuelles montrent une forte variabilité interannuelle, le rayonnement global mensuel reste, lui, spécialement en hiver, plutôt constant sans être négligeable, au contraire (voir les graphes respectifs 2000-2011), ce qui illustre la réalité de l'énergie solaire hivernale qu'un urbanisme bioclimatique peut en faciliter l'exploitation.

Dans la perspective d'une telle exploitation, l'outil informatique d'aide à la conception urbaine se révèle alors pertinent et solide dès la modélisation de cet ensoleillement puisqu'en matière d'insolation comme de rayonnement les données théoriques sont cohérentes avec les données climatologiques mesurées. En effet, la durée effective d'insolation hivernale est mesurée en moyenne à 204 heures, ce qui correspond à 30 % de la durée d'insolation géographique hivernale de 670,5 heures, démontrant une substantielle insolation hivernale à Thonon-les-Bains. Surtout, le rayonnement **global** hivernal mesuré en moyenne à 103,6 kWh/m² à la station de l'Inra a été calculé au sol avec un capteur théorique directionnel en rayonnement **direct** à 85 kWh/m². Une telle comparaison illustre également la réalité des apports solaires hivernaux qui comprennent donc non seulement le rayonnement direct mais également le rayonnement diffus ; rayonnement diffus qui peut représenter 50 % du rayonnement global lorsque le soleil est bas sur l'horizon et 100 % pour un ciel entièrement couvert (Mazria 2005).

C'est la façade sud d'un bâti– la façade recevant le plus d'énergie solaire d'octobre à mars et le moins en été, la façade nord mise à part (voir graphique ci-dessous tiré du rapport d'Abdesselam *et al.* 2008) – qui permettra d'exploiter ces apports solaires passifs pendant la période de chauffage d'octobre à mars. Encore faudra-t-il que cette façade sud ne subisse pas de masques orographiques, ni construits, ce que va déterminer l'analyse solaire du territoire et des projets de zone AU.

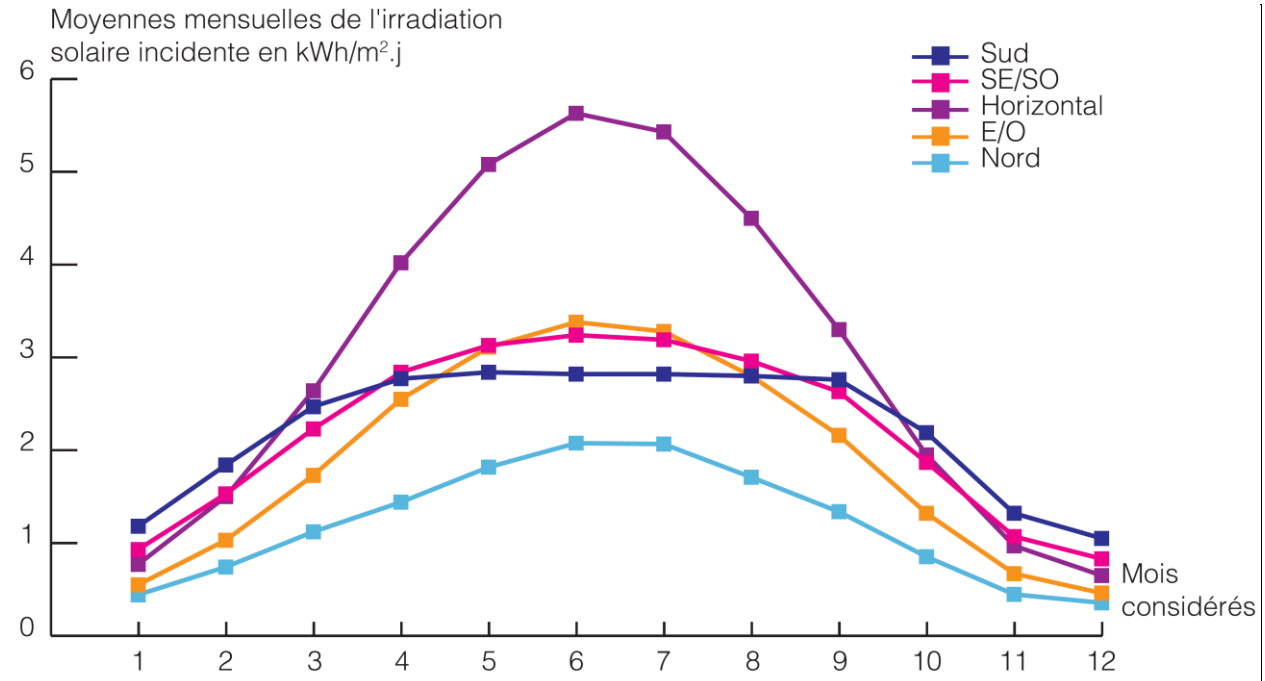


Illustration 14 : Irradiation solaire incidente sur différentes façades.
Source : ATLAS SOLAIRE FRANÇAIS, Latitude 49°N.

Cependant, l'élévation moyenne des températures comme la récurrence des étés caniculaires due au changement climatique requiert un urbanisme bioclimatique visant les apports solaires passifs en période de chauffage mais également des solutions architecturales, techniques et paysagères pour le confort d'été.

1.3.2 L’exposition aux vents

Or un urbanisme bioclimatique doit non seulement permettre de récupérer ces apports solaires passifs en période de chauffage mais également se soucier de la protection contre les vents dominants.

A Thonon-les-Bains, la composante des vents orientés au nord-nord-est peut en hiver apporter des vents froids parfois relativement forts dont il conviendrait de se protéger par des masques naturels (micro reliefs) ou végétaux (arbres à feuillage permanent) et bien sûr par des solutions architecturales (volume tampon, faibles ouvertures…). Mais ces protections ne doivent pas annihiler, pour autant, toute ventilation naturelle par cette composante nord-nord-est qui serait bénéfique pour le confort d’été.

La composante sud-ouest à Thonon-les-Bains est également à considérer puisqu’en été elle peut correspondre à des vents violents et chauds très inconfortables dont il conviendrait également de se protéger par des filtres végétaux (arbres à feuilles caduques).

2 ANALYSE DU TERRITOIRE : MASQUES OROGRAPHIQUES ET ORIENTATION DU SOL

2.1 Méthodologie

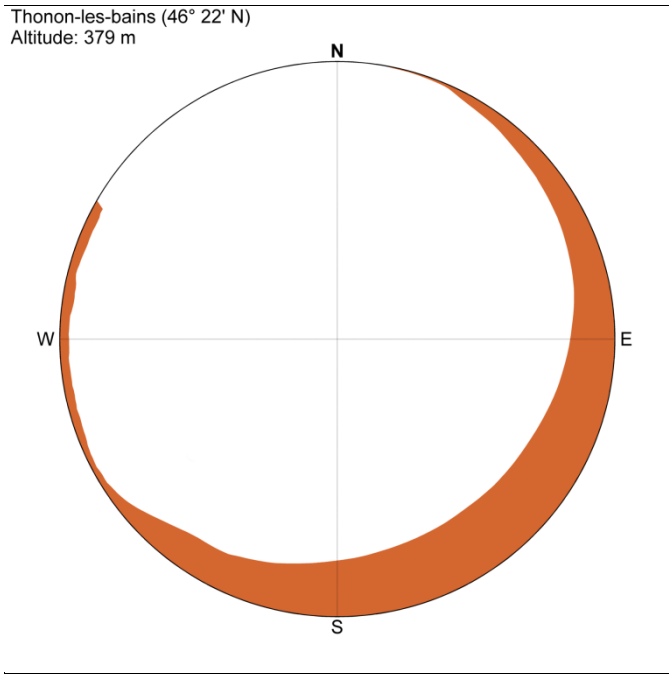
2.1.1 Introduction : stratégie du chaud contre stratégie du froid et masques solaires

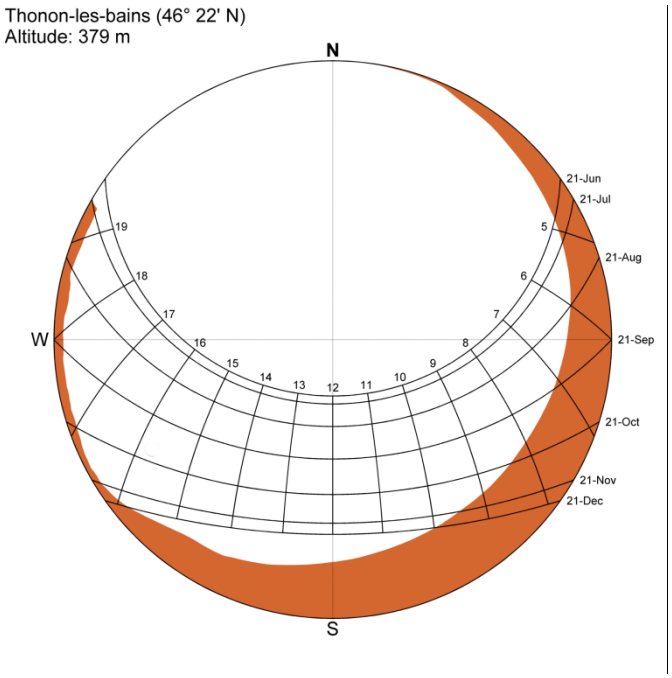
En matière d'indicateurs de développement durable, l'analyse solaire d'un territoire et des projets de zones AU d'un P.L.U. concernent la réduction de la consommation d'énergie donc de la production de G.E.S. de la commune à partir de l'utilisation de l'énergie solaire en automne/hiver/printemps (stratégie du chaud). En effet, dans le cadre d'une approche d'urbanisme bioclimatique, à nos latitudes, altitudes et climats où le chauffage est nécessaire, il est plus rationnel lors de la localisation et orientation de nouveaux bâtis de chercher à utiliser au maximum l'énergie solaire dont nous avons tant besoin durant cette longue période automne/hiver/printemps que de vouloir s'en protéger en été (stratégie du froid et confort d'été) – ce qui relèvera ensuite de l'architecture et de l'aménagement paysager.

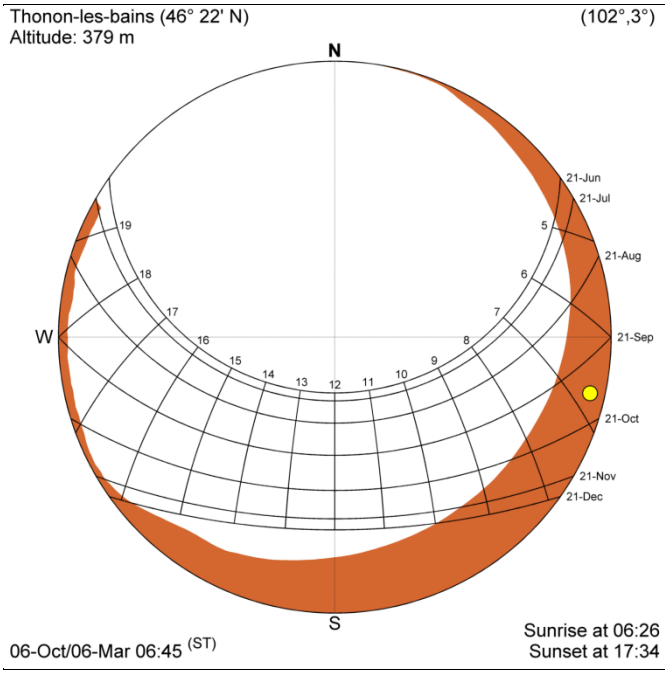
Cette analyse sera menée à l'aide d'un outil informatique spécifique considérant le rayonnement direct pour un ciel sans nébulosité. Plus précisément, pour une surface donnée de terrain, à partir de la mesure de différents paramètres, ces analyses génèrent des cartographies des masques solaires (les ombres) du relief (masques orographiques) – que constituent les massifs montagneux environnant cette surface et les variations topographiques propres à cette surface (relief externes et internes à la communes) –, plus, suivant les cas, ceux du bâti existant (masques construits). Dans le cadre de la stratégie du chaud, elle sera donc centrée sur le solstice d'hiver (21 décembre) pour différentes durées.

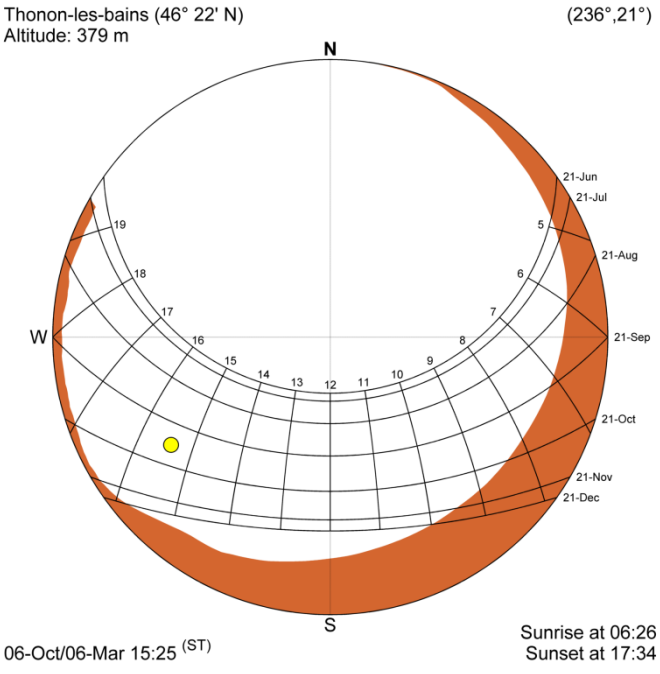
2.1.2 Stéréographies : relief et trajectoires du Soleil

Les quatre stéréographies ci-dessous montrent le relief depuis un point en leur centre correspondant à un capteur théorique au sol, placé au point 46°22'31'' N et 06°28'45'' E, c'est-à-dire quai de Rives (entre rues des Pêcheurs et du Funiculaire) à Thonon-les-Bains. La première en haut à gauche révèle les reliefs à 360° depuis ce capteur. La seconde à droite présente en plus les trajectoires du Soleil dans le ciel aux différentes saisons donc montre tous les différents masques orographiques que ce capteur subit à l'échelle de l'année.









Les trajectoires du Soleil au cours d'un jour sont les courbes orientées est-ouest : la ligne du haut est la trajectoire du Soleil le 21 juin au solstice d'été ; la ligne du bas est la trajectoire du Soleil le 21 décembre au solstice d'hiver ; la ligne au centre est celle du Soleil aux équinoxes d'automne et de printemps. A part pour les deux solstices (été et hiver), une position du soleil dans le ciel pour une heure donnée correspond donc à deux dates de part et d'autre d'un solstice (voir ci-dessous l'exemple de la position du Soleil). Les trajectoires du soleil pour une heure donnée au cours de l'année sont les arcs de cercle partant du haut (trajectoire solaire le 21 juin) pour arriver en bas à la trajectoire du 21 décembre. Les heures affichées sur la trajectoire du 21 juin sont en temps solaire vrai. En temps solaire moyen également appelé temps civil local, ces trajectoires ne seraient pas des arcs de cercle mais des lignes en forme de 8 (avec le temps solaire moyen, le mouvement de la Terre autour du Soleil est considéré comme un cercle parce que n'est pas intégrée l'équation du temps que constitue la fluctuation du jour solaire – le Soleil ne passe pas au méridien du lieu à la même heure solaire moyenne – résultant de deux caractéristiques du déplacement de la Terre autour du Soleil : inclinaison de son axe sur le plan de son orbite et excentricité de son orbite).

Enfin, les troisième et quatrième stéréographies, figurent maintenant le soleil sous la forme d'un petit disque jaune. Comme indiqué en bas à gauche, à deux dates : 6 octobre et 6 mars (*06-Oct/06-Mar*) et à 6h45 en temps solaire vrai (*ST = solar time*), soit 8h09 en temps légal le 6 octobre ou 7h29 le 6 mars, le Soleil est encore derrière des massif lointains (dans le marron de la stéréographie), c'est-à-dire que ce point au quai de Rives est à l'ombre subissant un masque orographique des massifs lointains puis de la côtière. En revanche, à 15h25 en temps solaire vrai (en temps légal, 16h49 et 16h09 respectivement), ce point est bien sûr ensoleillé mais subira bientôt un masque orographique de nouveau puisque le soleil qui s'est beaucoup déplacé va maintenant bientôt passer derrière le massif du Jura. Les angles de telles positions du soleil dans le ciel sont dans le coin supérieur droit, par exemple 102° est l'angle azimutal, c'est-à-dire sa direction par rapport au nord (0° =nord, 90° = est, 180° = sud et 270 = ouest), 3° l'angle d'élévation par rapport à l'horizon (0° quand le soleil est sur l'horizon aux lever et coucher).

2.1.3 Mesure et paramètres

Les paramètres généraux pris en compte dans l'analyse solaire d'un territoire sont :

- l'insolation reçue au sol en nombre d'heures d'ensoleillement ;
- le rayonnement sous la forme d'énergie reçue au sol en kWh/m² ;
- le rayonnement sous la forme de la puissance moyenne reçue au sol en W/m².

L'insolation et l'énergie cumulées ainsi que la puissance moyenne reçues au sol pour différentes durées (de 31 à 91 jours, soit trois mois) centrées sur le 21 décembre sont ainsi restitués sous la forme de cartes, respectivement cartes *sunny period* (heures : minutes), *solar irradiation* (kWh/m²) et *mean solar flux* (en W/m²).

Or le rayonnement reçu au sol en énergie et puissance moyenne reste subordonné non seulement à la durée d'insolation (masques solaires et nombre de jours cumulés), aux heures d'insolation (le soleil est moins chaud aux lever et coucher car les rayons traversent une plus grande épaisseur d'atmosphère) et aux saisons (les rayons du Soleil plus bas en hiver traversent également une plus grande épaisseur d'atmosphère) mais également à l'orientation (plus inclinaison) du sol (pour les mêmes durées, heures et saisons d'insolation, un sol exposé au nord recevra moins d'énergie solaire qu'un sol exposé au sud parce que la densité énergétique solaire que reçoit une surface dépendra de l'angle d'incidence des rayons avec cette surface).

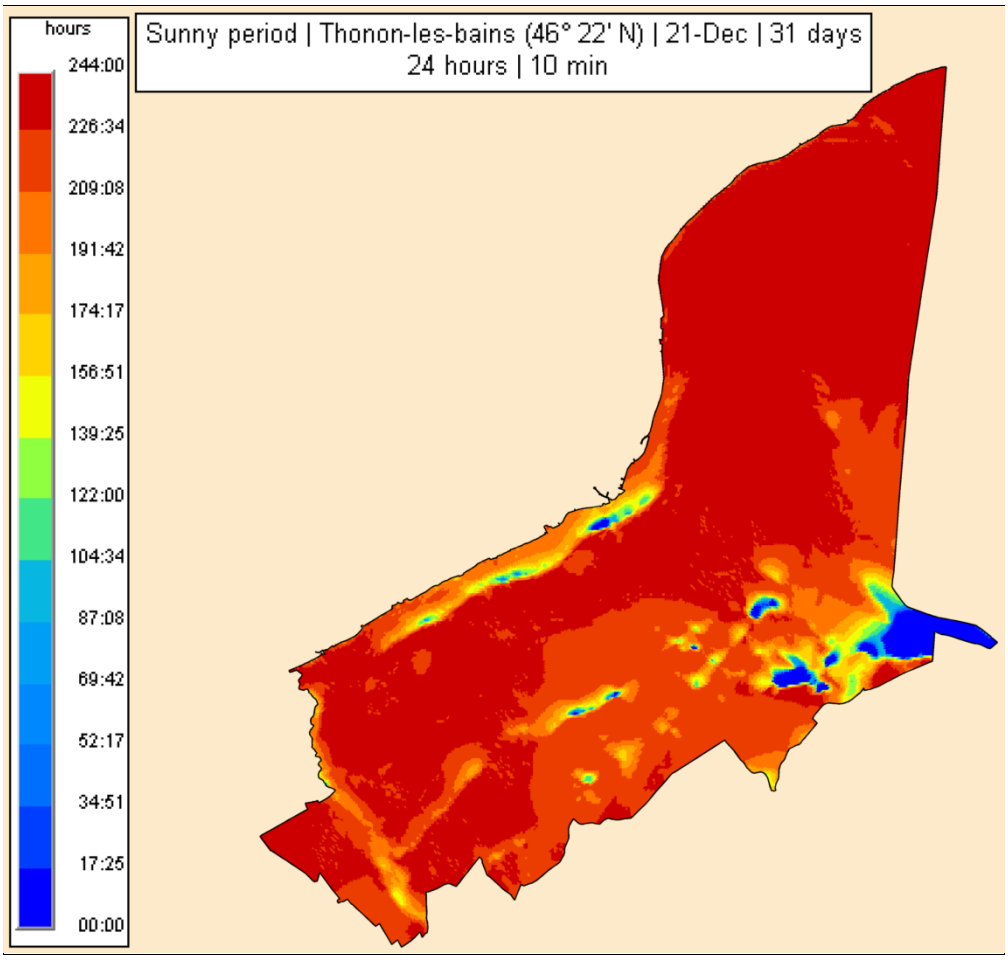
L'analyse solaire du territoire visera donc la cartographie des seuls masques orographiques externes et internes à partir de la mesure au sol de trois paramètres : insolation (paramètre 1 et carte *sunny period*) ; rayonnement en énergie cumulée ne tenant pas en compte l'orientation du sol (paramètre 2 et cartes *solar irradiation wo*) ; (3) rayonnement en puissance moyenne tenant en compte l'orientation (et inclinaison) de sol (paramètre 3 et cartes *mean solar flux w*).

Le paramètre de rayonnement en puissance reçu au sol avec orientation du sol (3) restitué sous la forme de cartes permettra d'analyser l'existence puis l'amplitude d'une structuration du rayonnement au sol due aux seuls masques orographiques (sans le bâti existant) pour un ensoleillement non virtuel mais bien réel car tenant l'incidence au sol de son flux.

Dans cette analyse solaire, l'ensemble du terrain, c'est-à-dire du relief (massifs montagneux proches et lointains), de la commune a été créé à partir des M.N.T. (modèle numérique de terrain) départementaux de l'I.G.N. (Haute-Savoie et Ain) de résolution 25 mètres, c'est-à-dire présentant une altitude tous les 25 m.

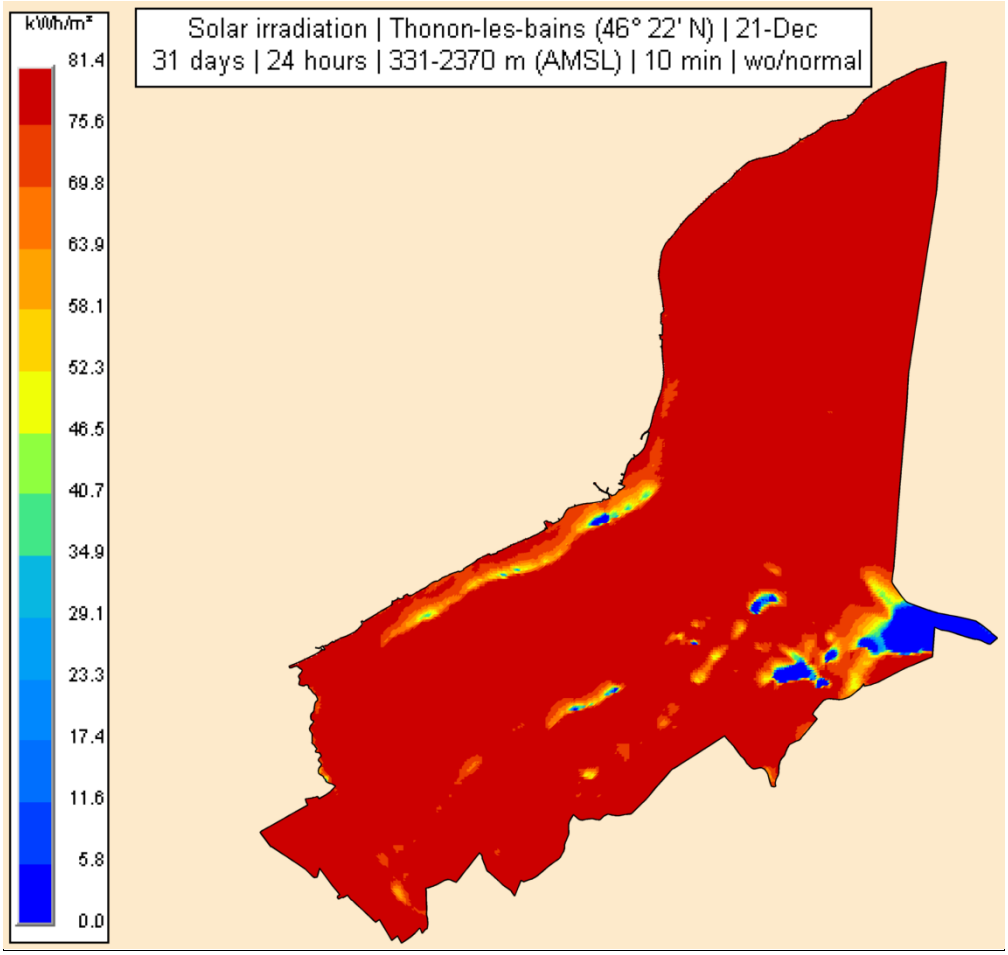
2.2 Cartographie de l'ensoleillement du territoire : masques orographiques

2.2.1 Insolation



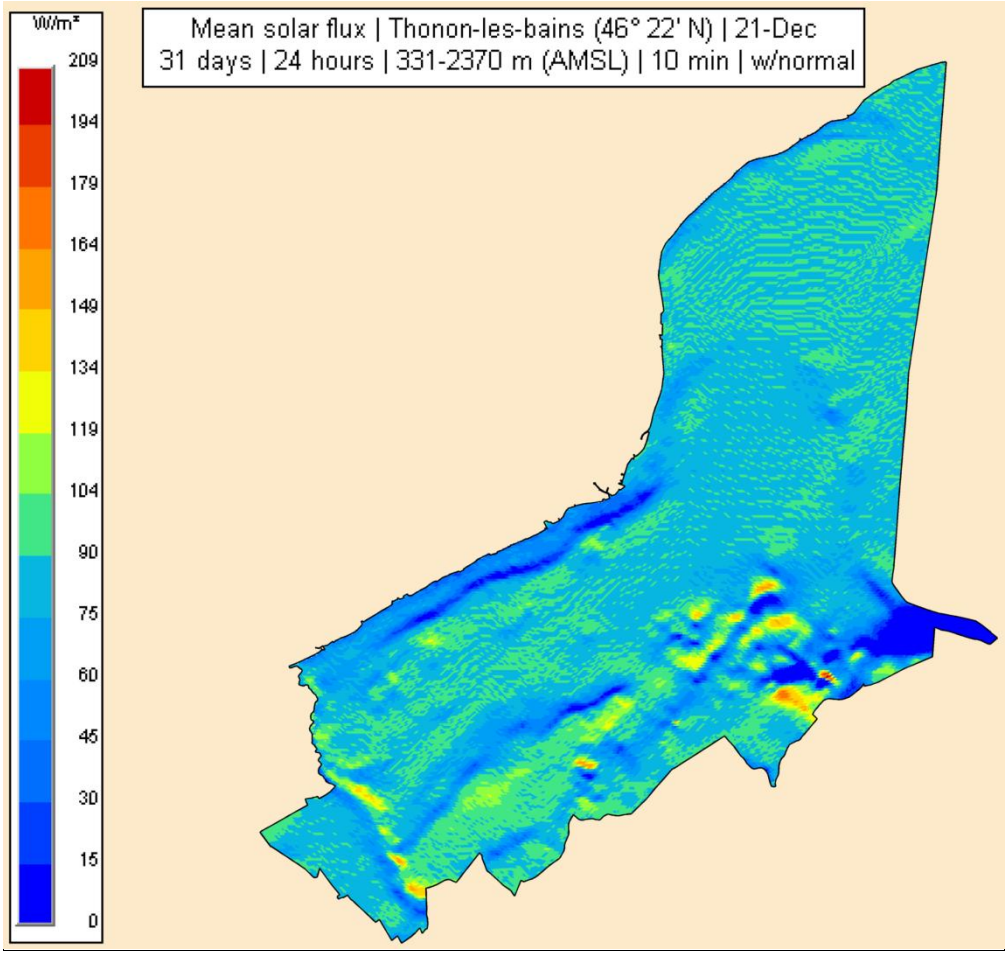
La cartographie de la durée géographique d'insolation sans tenir compte du bâti (insolation théorique maximale au sol) pour une durée d'un mois centrée sur le 21 décembre montre une forte structuration de l'insolation à l'échelle de la commune (limitée à son trait de côte) due aux reliefs externes et internes à la commune (carte *Sunny period*). Les crêtes mises à part de la frange sud orientale, ce sont les secteurs les plus proches du rivage hors influence des côtières qui bénéficient des insolations les plus fortes quand la vallée de la Dranse, juste en aval du pont de la Douceur, ainsi que la carrière du crêt de Sainte Marie subissent les occultations les plus fortes avec d'autres petits secteurs comme dans la côtière au-dessous de la Mairie ou aux Thésules.

2.2.2 Energie



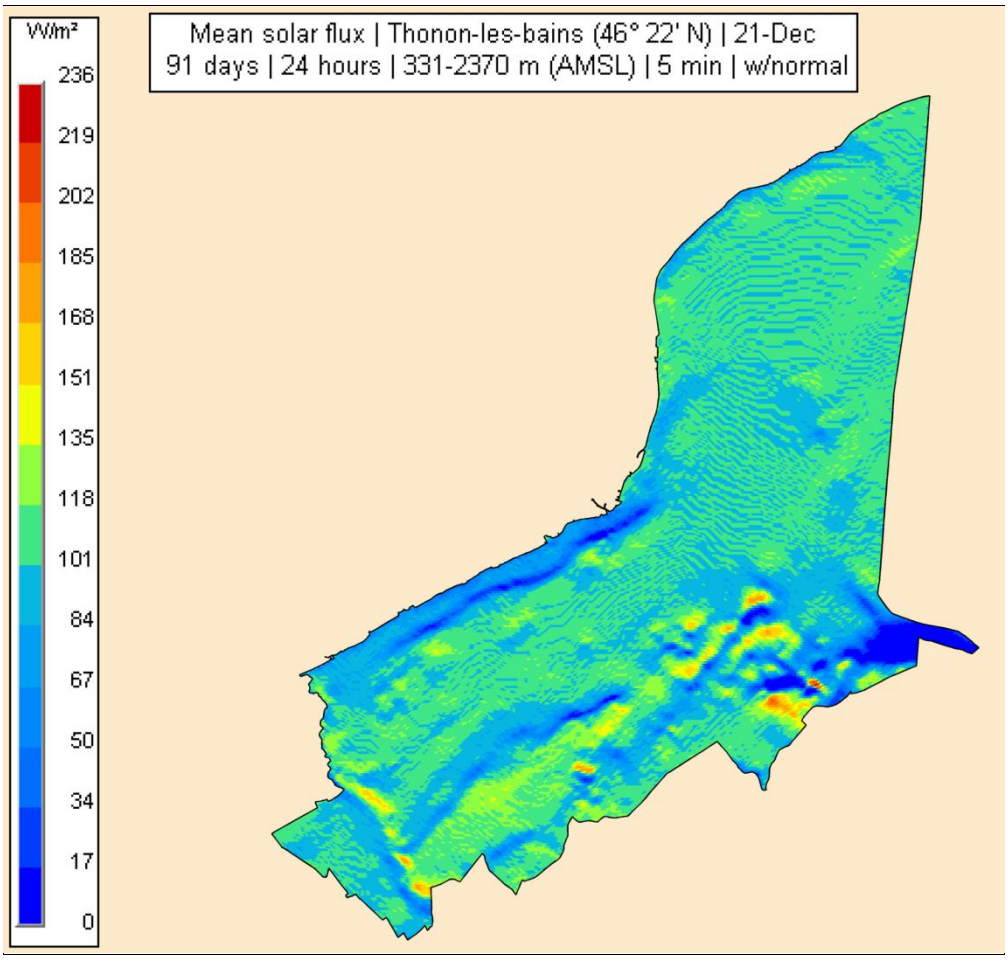
Avec le rayonnement sous forme d'énergie reçue au sol toujours sans tenir compte du bâti mais sans prise en compte de l'orientation du sol (cartes *sun flux wo*), la structuration est moins marquée parce que certaines différences d'insolation se font à des périodes où les rayonnements sont de très faible énergie : cas des levers et couchers du Soleil (voir méthodologie), différences qui n'apparaissent alors plus pour ce paramètre.

2.2.3 Puissance moyenne en tenant compte de l'orientation du sol



La cartographie de la puissance moyenne au sol en tenant en compte de l'orientation et inclinaison du sol (carte *mean solar flux w* ci-dessus) figure des petits secteurs à fortes puissances parce que l'orientation du sol y est plus favorable au faible angle d'incidence des rayons du Soleil (plus perpendiculaire au sol) donc à la densité d'énergie (voir méthodologie). Ces secteurs mis à part ainsi qu'à l'inverse la côtière et le bas de la côtière, on constate une certaine homogénéité autour de 100 W/m² pendant cette durée d'un mois centrée sur le 21 décembre.

Pour une durée de trois mois (carte *mean solar flux w* ci-dessous), l'amplitude de la puissance moyenne augmente à l'échelle du territoire parce que la quantité de rayonnement solaire augmente en s'éloignant de part et d'autre du solstice d'hiver (voir méthodologie). Mais la structuration de la puissance moyenne diminue tout en révélant de nouveaux petits secteurs à forte puissance moyenne au sol (faible angle d'incidence des rayons du Soleil).



De telles analyses de rayonnement reçu au sol peuvent dans le cadre de la stratégie du chaud, conforter des choix d'aménagement en matière de localisation de zones AU ou d'optimisation de l'existant dans des zones U en matière de renouvellement, réhabilitation et densification, voire de changement d'affectation.

Il s'agira alors de bien vérifier que les surfaces du territoire recevant le plus fort rayonnement solaire pourront conduire à des différences de besoins en chauffage et éclairage non négligeables, c'est-à-dire à des différences de consommation d'énergie du futur bâti à un niveau justifiant son implantation à partir d'un tel critère d'ensoleillement.

Pour cela, il convient maintenant de changer d'échelle : de passer de l'échelle du territoire à une échelle plus restreinte de localisation des zones AU.

3 ANALYSE DES ZONES AU : MASQUES OROGRAPHIQUES ET ORIENTATION DU SOL, MASQUES CONSTRUITS

3.1 Méthodologie

L'étude des projets de zones AU du P.L.U. visera l'analyse des masques orographiques (reliefs externes et internes à la commune) et construits (bâti existant) à l'échelle de chaque zone AU à partir de la mesure de trois paramètres :

1. insolation (carte *sunny period*) ;
2. puissance moyenne tenant en compte l'orientation (et inclinaison) du sol (cartes *mean solar flux w*) ;
3. puissance moyenne ne tenant pas en compte l'orientation (ni l'inclinaison) du sol (cartes *mean solar flux wo*).

Afin de bien révéler la structuration de l'énergie solaire reçue à cette échelle, ces paramètres seront calculés sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai (sur 24 heures dans les analyses précédentes) où 90 % des apports solaires en hiver interviennent (Mazria 2005). Par ailleurs, en matière d'effet d'orientation du terrain, toujours pour bien distinguer cette structuration, l'analyse portera tout d'abord sur les seuls masques orographiques externes et internes (paramètres 1 et 2), c'est-à-dire sans les masques construits émanant du bâti existant entourant la zone AU en utilisant toujours le terrain étendu aux reliefs externes de l'analyse à l'échelle du territoire (analyse précédente).

S'agissant de la prise en compte des masques construits qui émanent du bâti existant entourant les zones AU (bâti existant modélisé à partir des bâtiments de la BD Topo I.G.N. la plus récente sans prendre en compte la végétation), ils seront toujours combinés aux seuls masques orographiques internes. En effet, pour la modélisation de ces masques construits, un terrain avec une plus forte résolution que dans l'analyse à l'échelle du territoire, mais limité à la seule commune (sans prise en compte, par conséquent, des reliefs externes), sera utilisé.

Mais, à la différence de l'analyse des masques orographiques externes et internes, l'analyse des masques construits du bâti existant fondamentalement requiert la construction d'un maillage horizontal théorique sur la zone AU du terrain modélisé. Or un tel maillage constitue un capteur virtuel non directionnel, c'est-à-dire que l'énergie reçue est indépendante de l'orientation des rayons solaires (pas de prise en compte de l'orientation ni l'inclinaison du sol : paramètre 3) et représente l'énergie maximale à un endroit donné, énergie que l'on peut, par exemple, récupérer avec un panneau solaire orientable. En revanche, un tel maillage intègre, bien sûr, les effets des masques orographiques internes.

La mesure de la puissance moyenne théorique maximale reçue au sol de la zone AU avec le bâti existant aux alentours mais sans orientation du sol de la zone AU restituée sous la forme de cartes *sunny period* et *mean solar flux wo* permettront donc d'analyser l'existence puis l'ampleur d'une structuration du rayonnement au sol due à ces masques construits et orographiques internes.

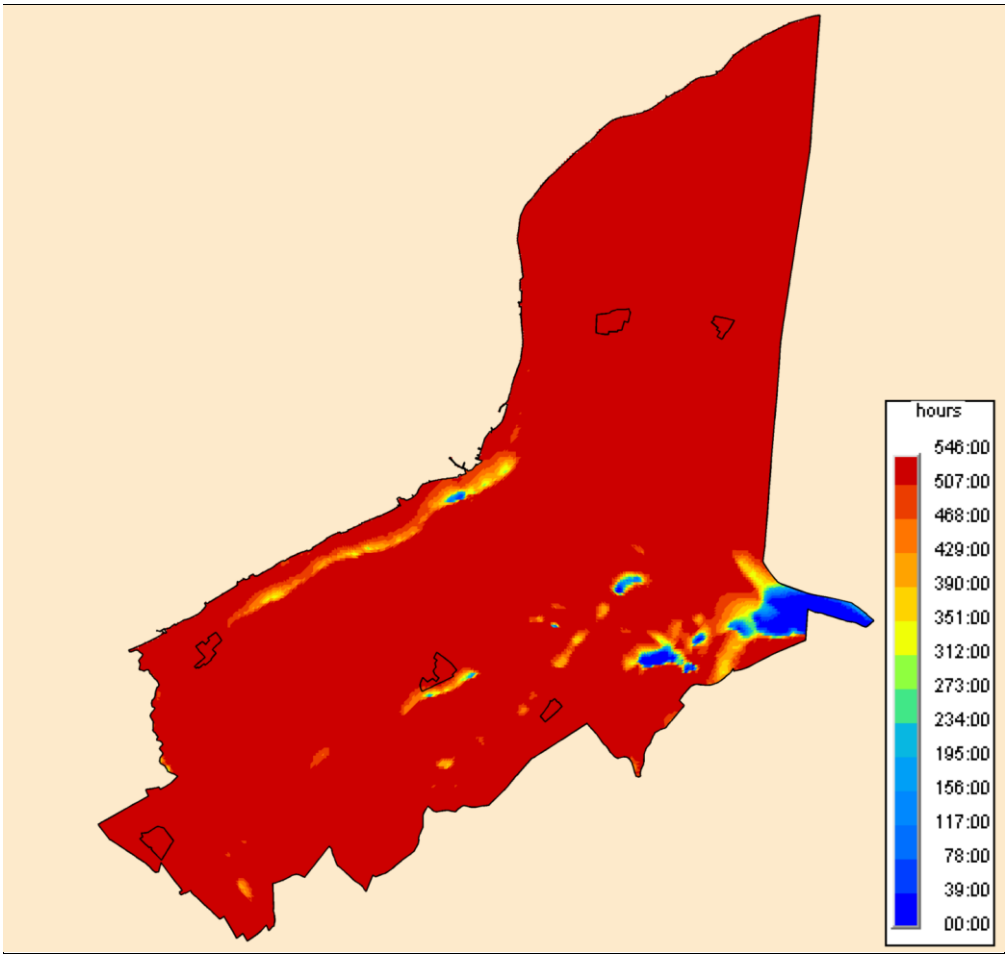
Il s'agira de toujours bien vérifier que les surfaces des zones AU recevant le plus fort rayonnement pourront conduire à des différences de besoins en chauffage, c'est-à-dire à des différences de consommation d'énergie du futur bâti projeté, à un niveau justifiant son implantation à partir de ce critère solaire dans la cadre de la stratégie du chaud.

Préalablement à la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU pour l'ensemble des masques construits et orographiques internes (terrain limité à la commune à haute résolution), une vue 3D le 21 décembre à 12h00 heure solaire présentera ces bâtis (et leur ombres portées), bâtis structurés en quatre groupes de couleur distincte :

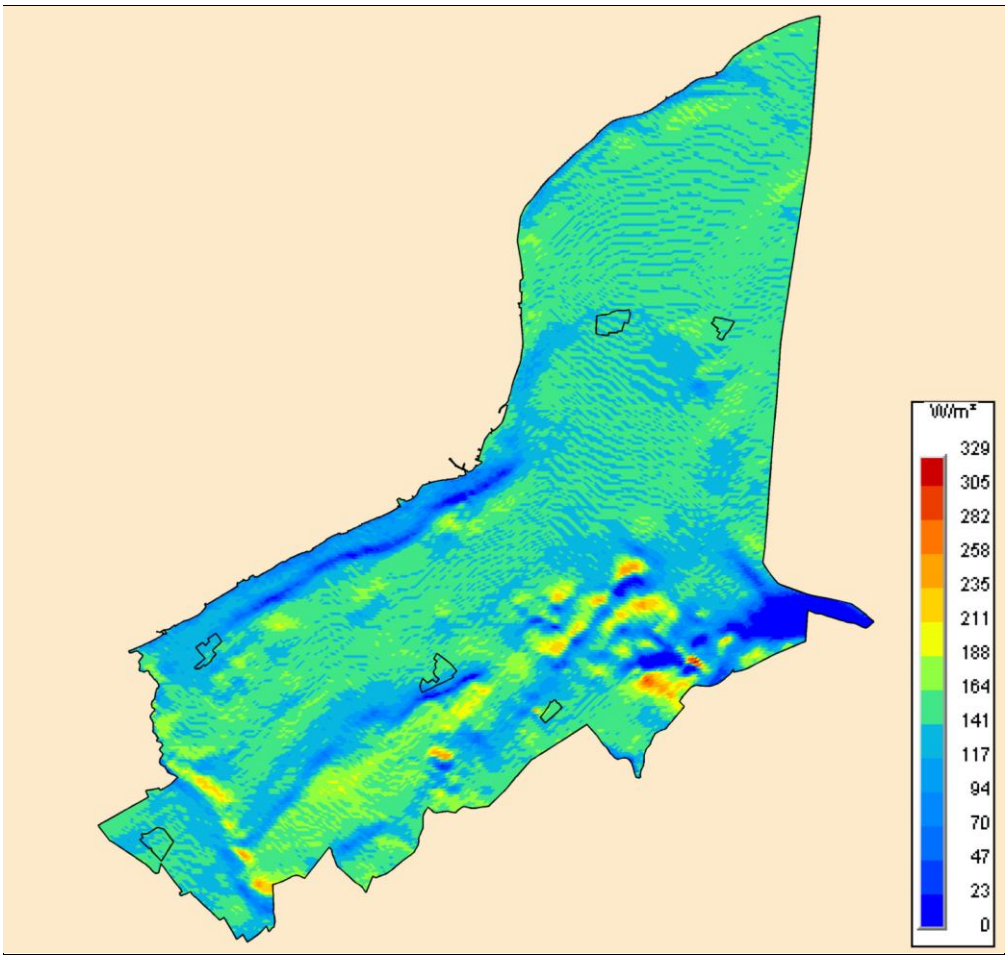
- bâti indifférencié en orange ;
- bâti remarquable (rouge) ;
- bâti industriel (vert) ;
- réservoir (bleu).

3.2 Zones AU du projet du 08.04.13. à l'échelle du territoire

Les cartographies de l'insolation (carte *sunny period*) et de la puissance moyenne calculée sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai pour une durée de trois mois centrée sur le solstice d'hiver tenant en compte l'orientation (et inclinaison) du sol (cartes *mean solar flux w*) avec les limites du projet des cinq zones AU du 08.04.13. sont présentées ci-dessous.



Projet de zones AU du 08.04.13. : insolation



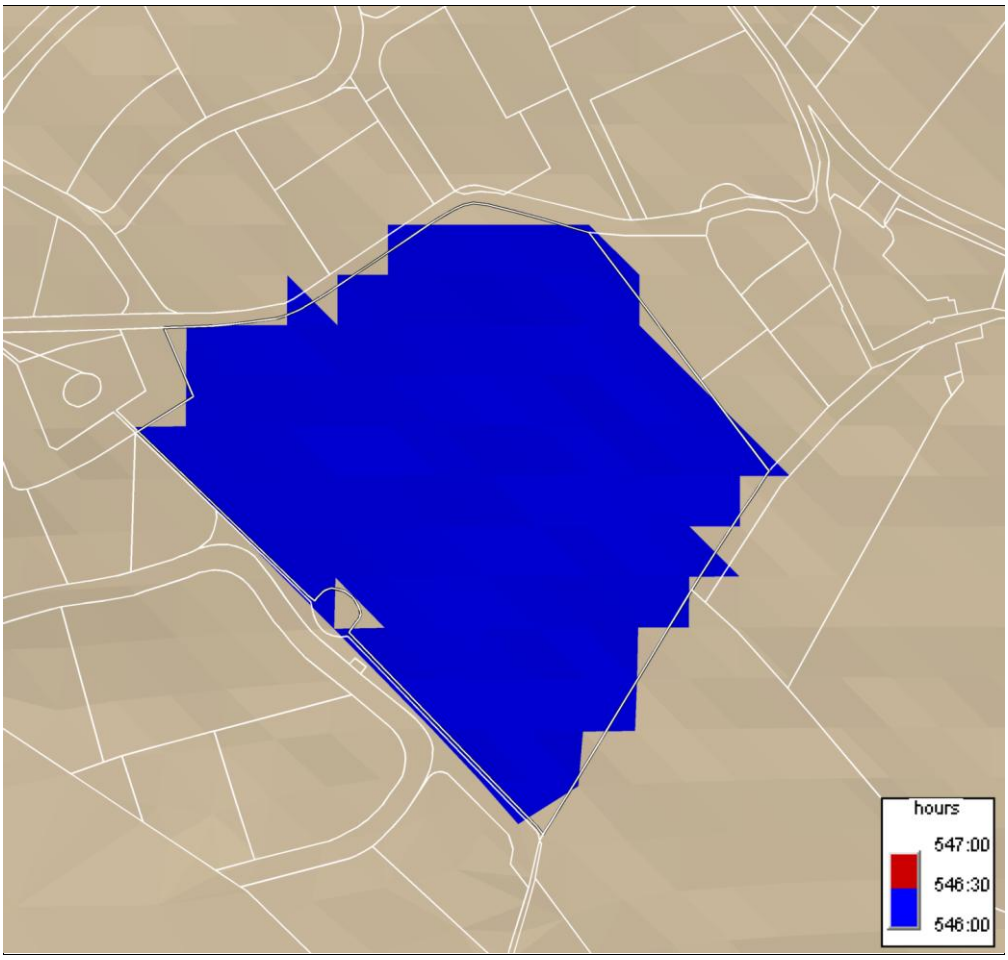
Projet de zones AU du 08.04.13. : puissance moyenne reçue au sol

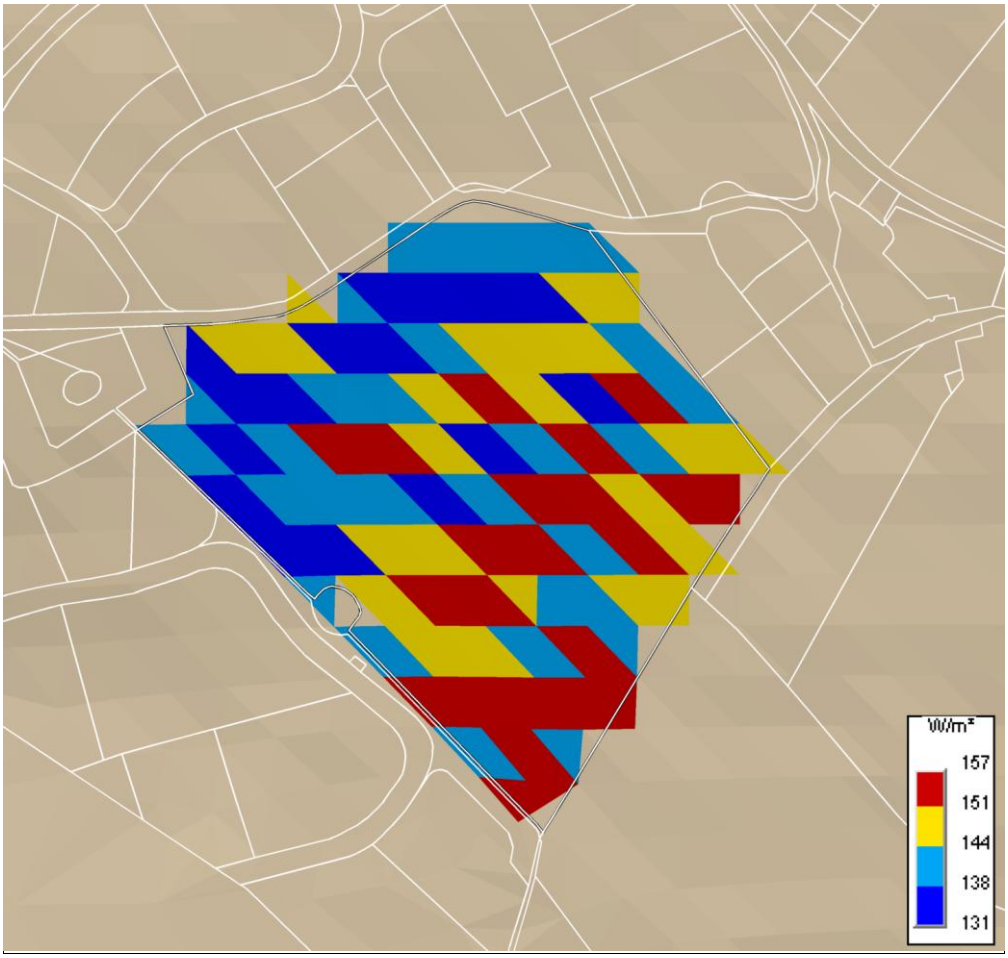
3.3 Zones AU du projet du 08.04.13.

3.3.1 Zone AU Marclaz

3.3.1.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol

Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – en tenant compte de l'orientation du sol – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques orographiques externes et internes.

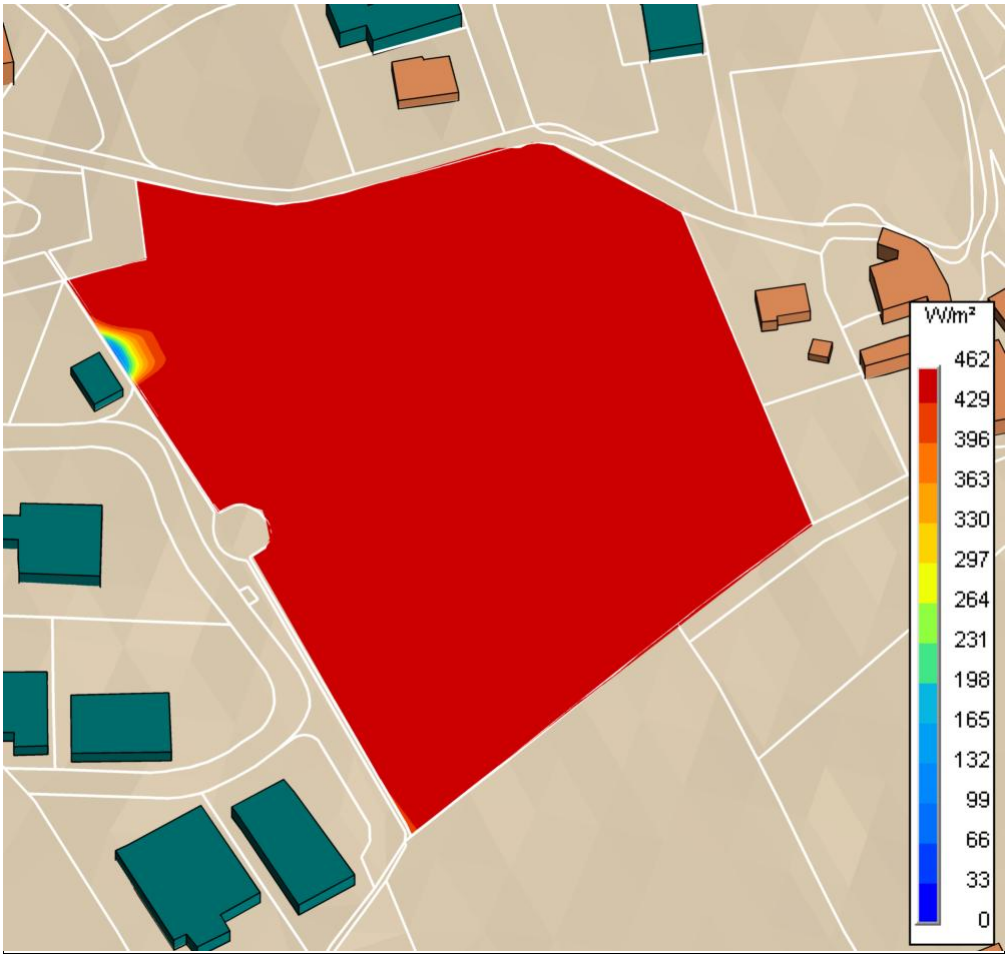

hours
547:00
546:30
546:00


W/m²
157
151
144
138
131

3.3.1.2 Masques construits et orographiques internes

Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – sans tenir en compte l'orientation du sol (énergie maximale) – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques construits et orographiques internes (terrain limité à la commune à haute résolution).

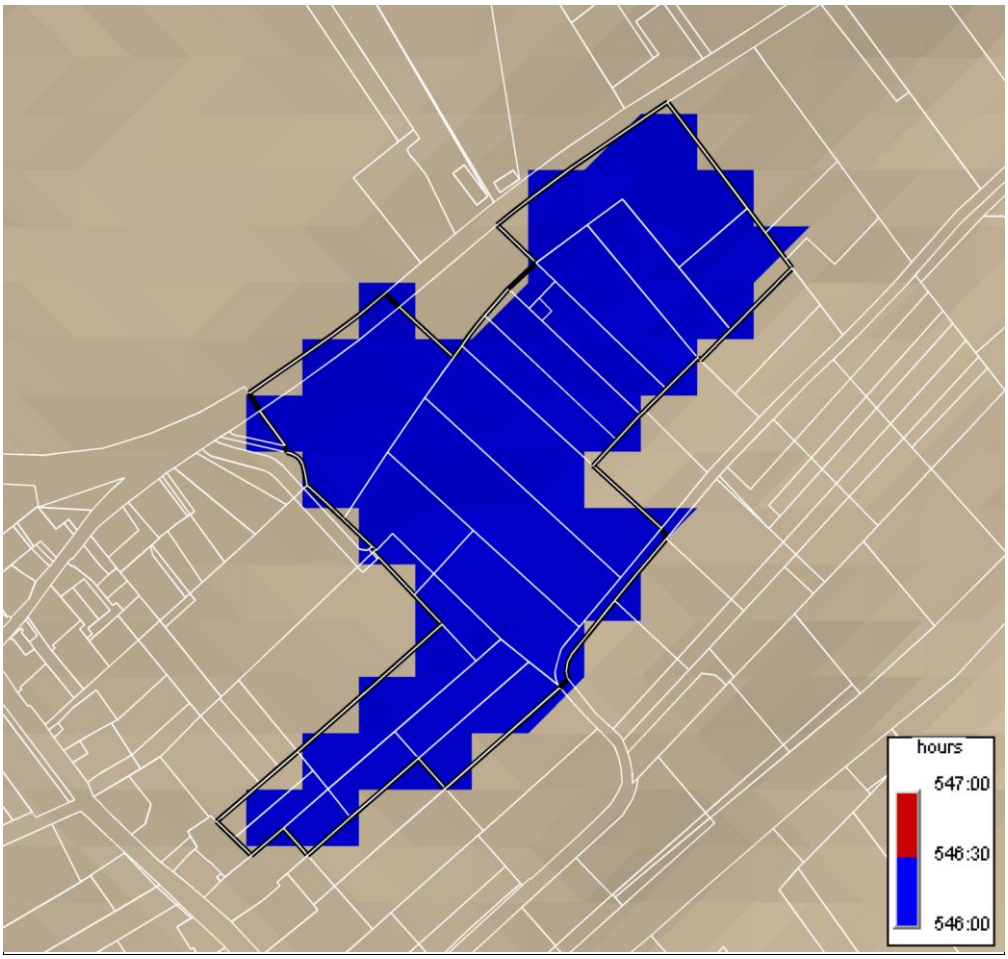
hours
546:00
507:00
468:00
429:00
390:00
351:00
312:00
273:00
234:00
195:00
156:00
117:00
78:00
39:00
00:00

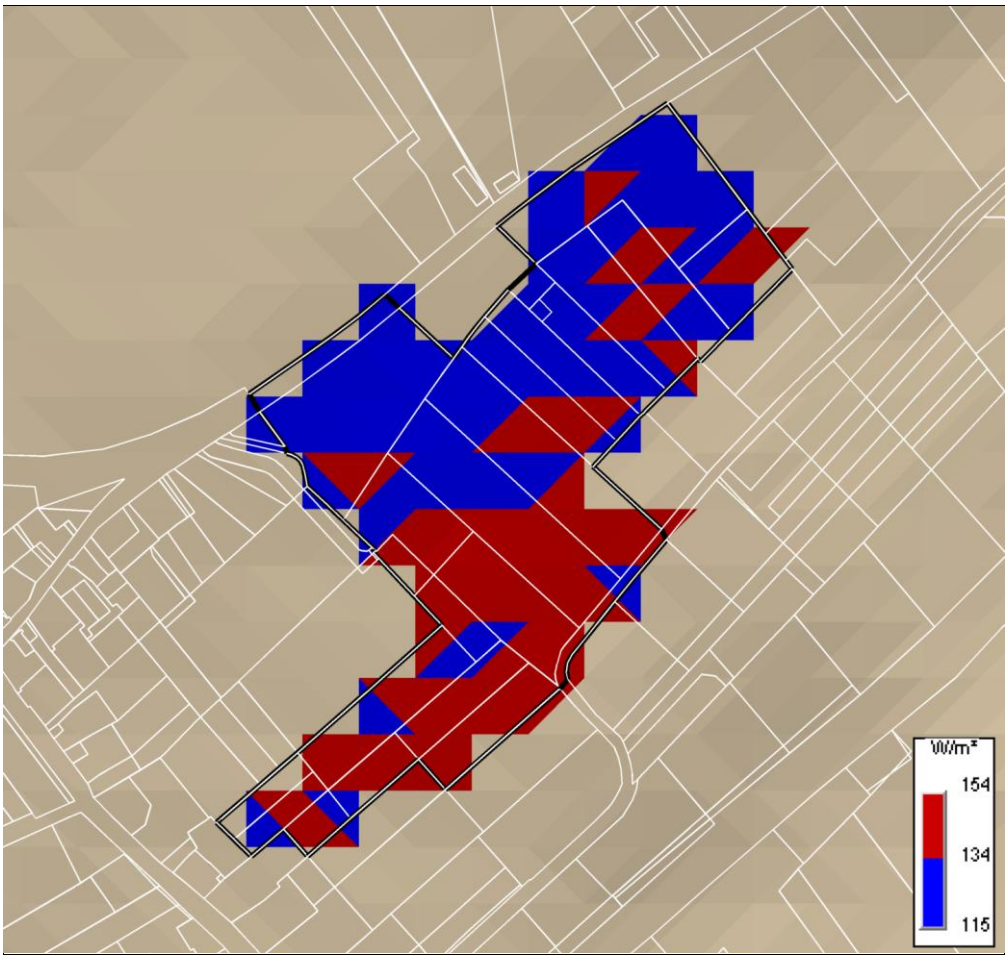

W/m²
462
429
396
363
330
297
264
231
198
165
132
99
66
33
0

3.3.2 Zone AU Corzent

3.3.2.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol

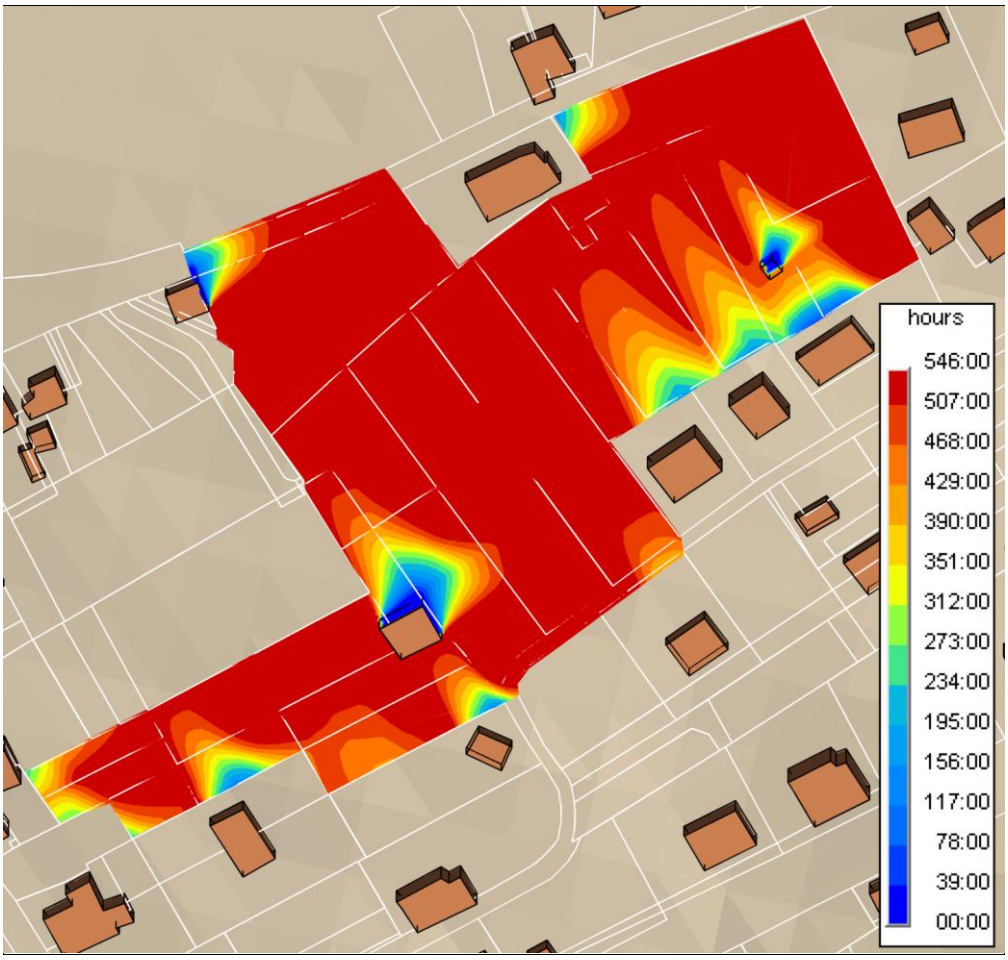
Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – en tenant compte de l'orientation du sol – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques orographiques externes et internes.

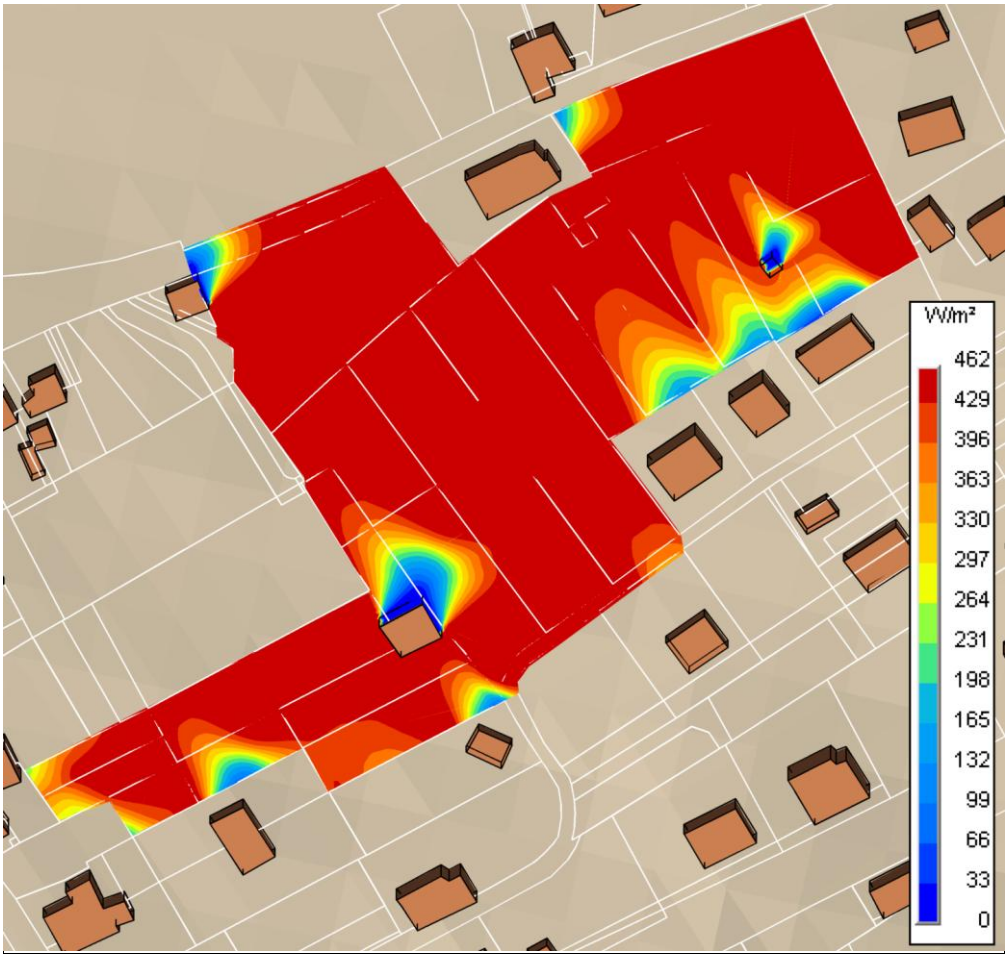



W/m²
154
134
115

3.3.2.2 Masques construits et orographiques internes

Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – sans tenir en compte l'orientation du sol (énergie maximale) – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques construits et orographiques internes (terrain limité à la commune à haute résolution).

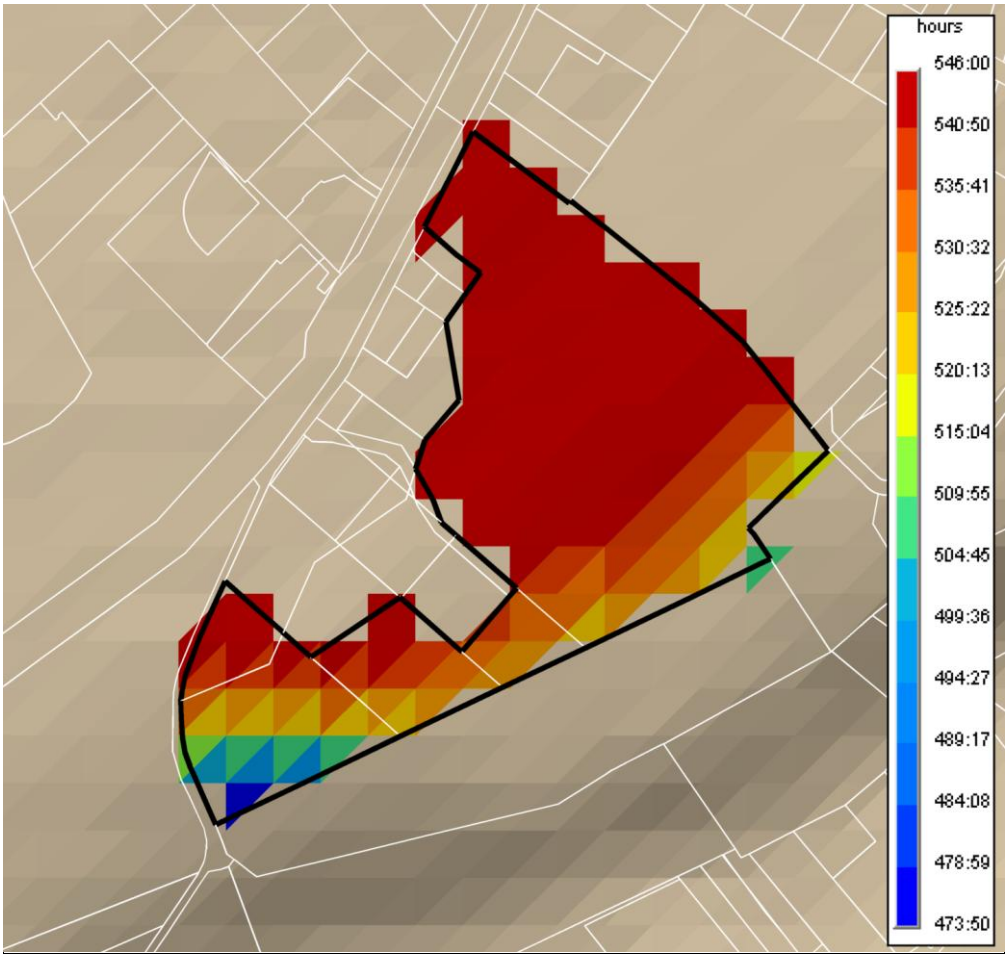

hours
546:00
507:00
468:00
429:00
390:00
351:00
312:00
273:00
234:00
195:00
156:00
117:00
78:00
39:00
00:00

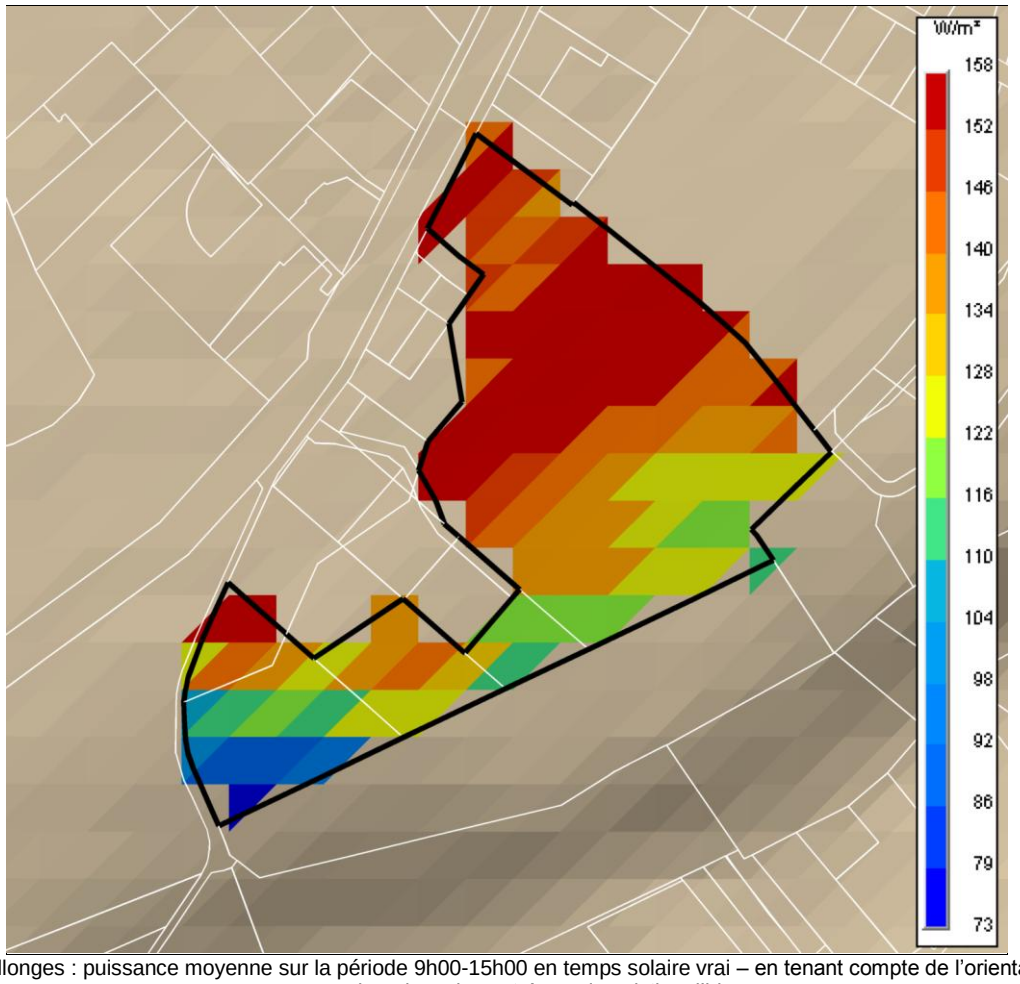

W/m²
462
429
396
363
330
297
264
231
198
165
132
99
66
33
0

3.3.3 Zone AU Collonges

3.3.3.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol

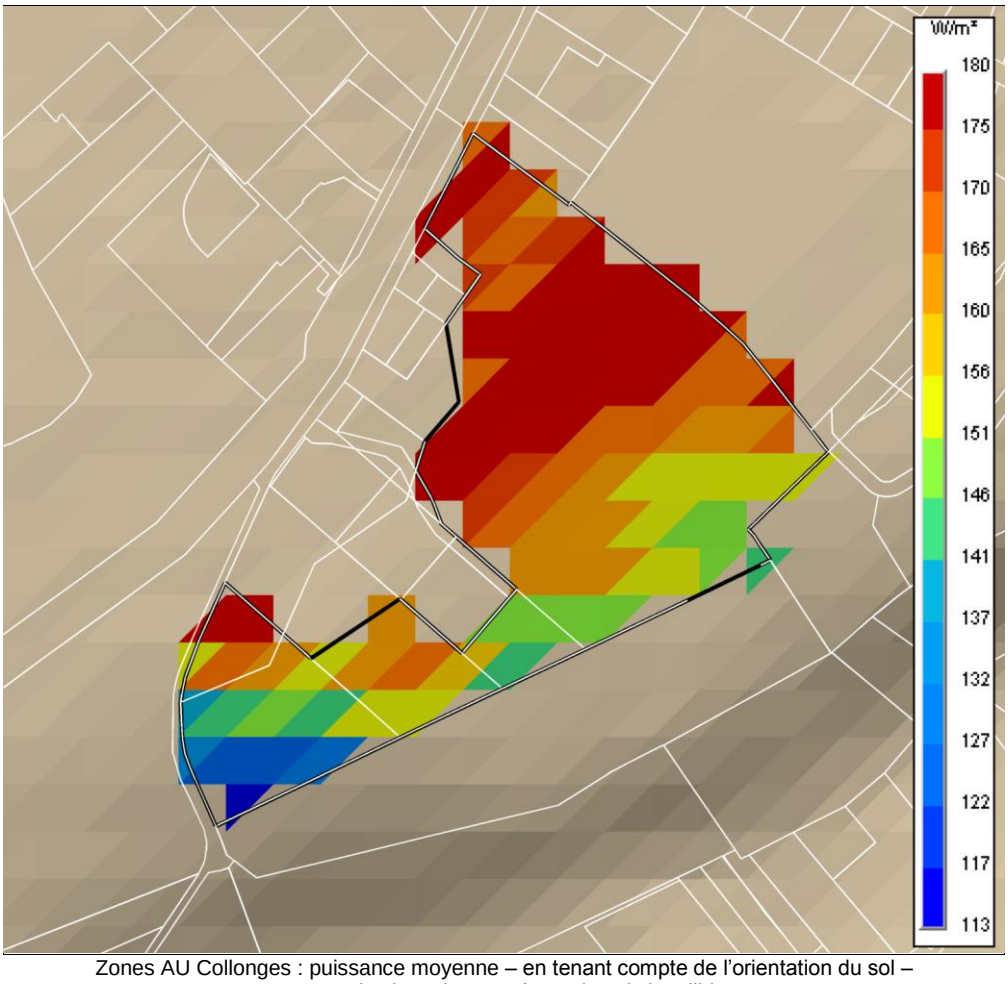
Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – en tenant compte de l'orientation du sol – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques orographiques externes et internes.





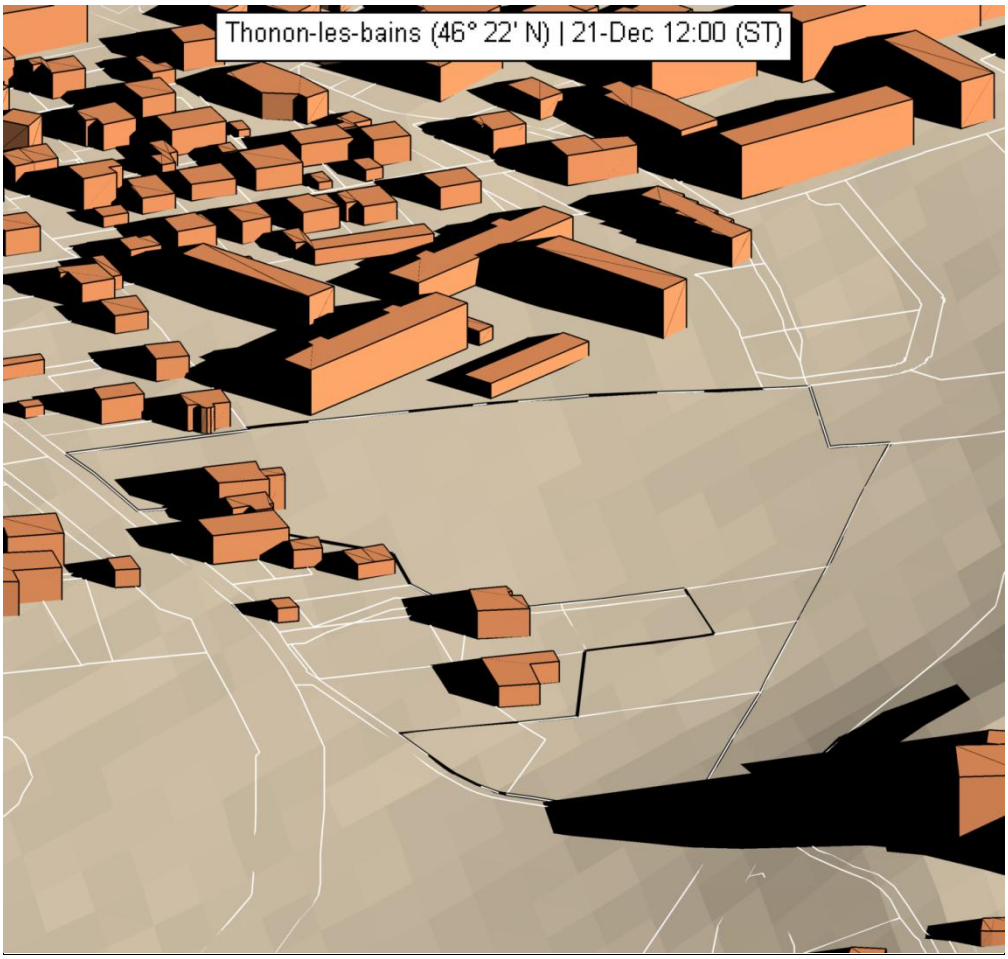
Zones AU Collonges : puissance moyenne sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – en tenant compte de l'orientation du sol – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver

La mesure de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU – en tenant compte de l'orientation du sol – au cours de six mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques orographiques externes et internes a été également effectuée eu égard au relief qui borde la zone AU (voir ci-dessous).

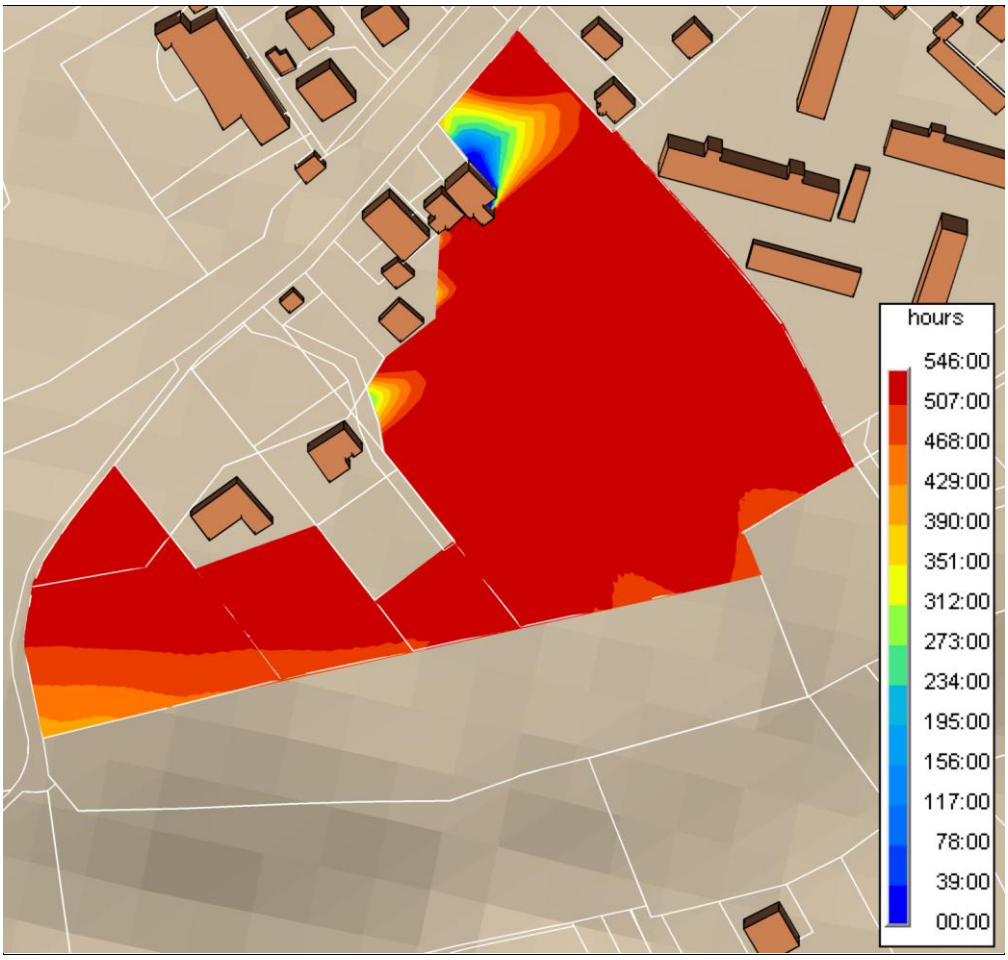


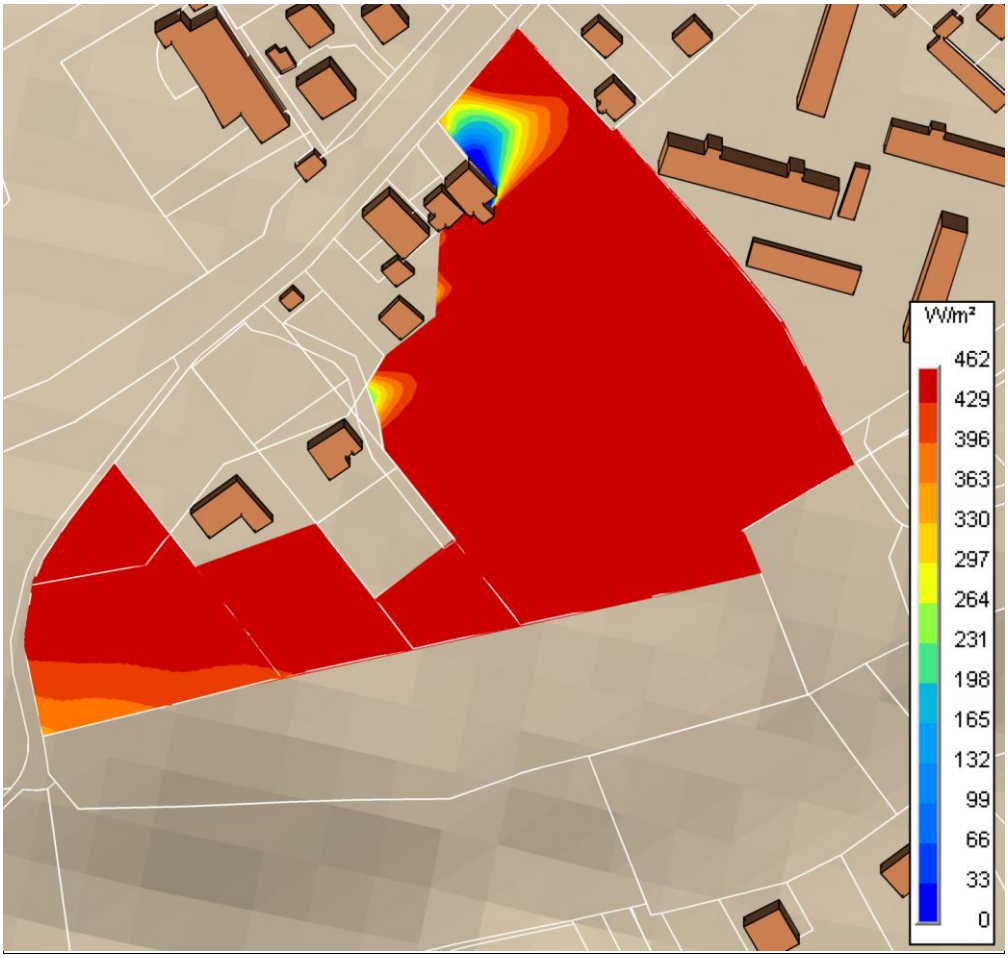
Zones AU Collonges : puissance moyenne – en tenant compte de l'orientation du sol –
au cours de six mois centrés sur le solstice d'hiver

3.3.3.2 Masques construits et orographiques internes



Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – sans tenir en compte l'orientation du sol (énergie maximale) – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques construits et orographiques internes (terrain limité à la commune à haute résolution).

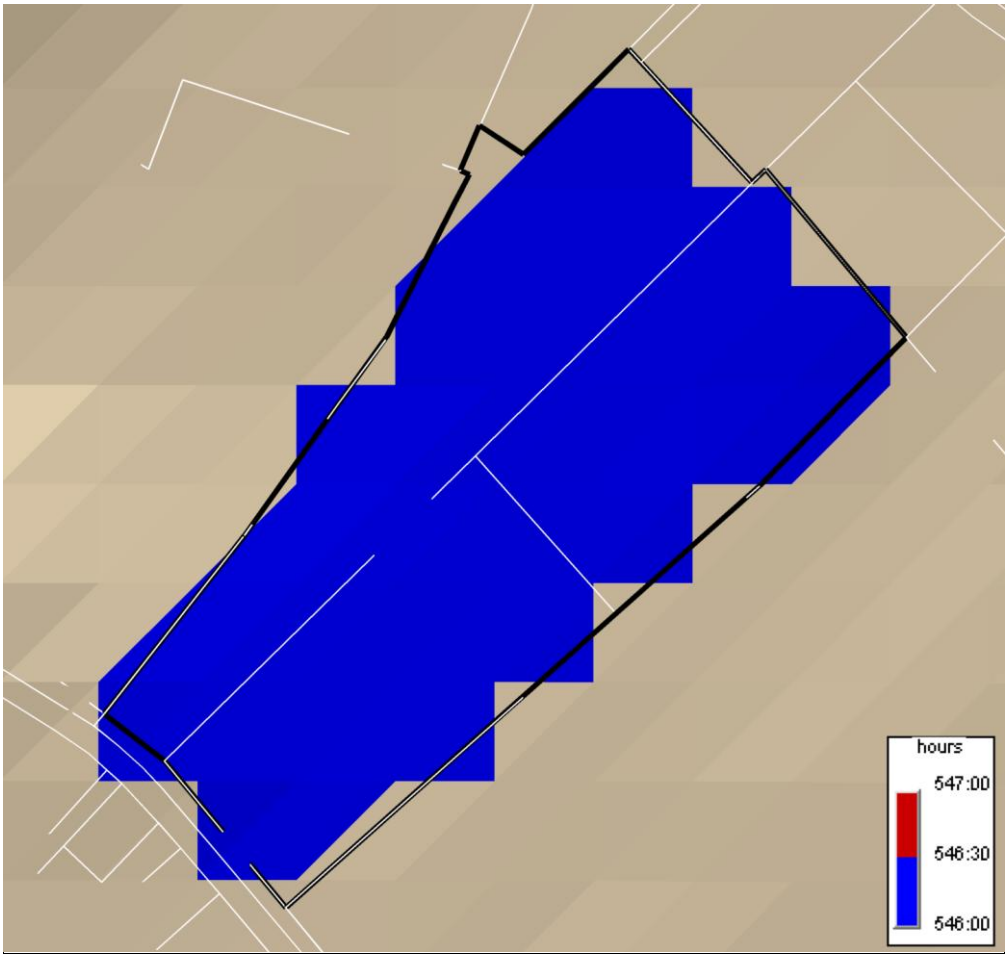

hours
546:00
507:00
468:00
429:00
390:00
351:00
312:00
273:00
234:00
195:00
156:00
117:00
78:00
39:00
00:00

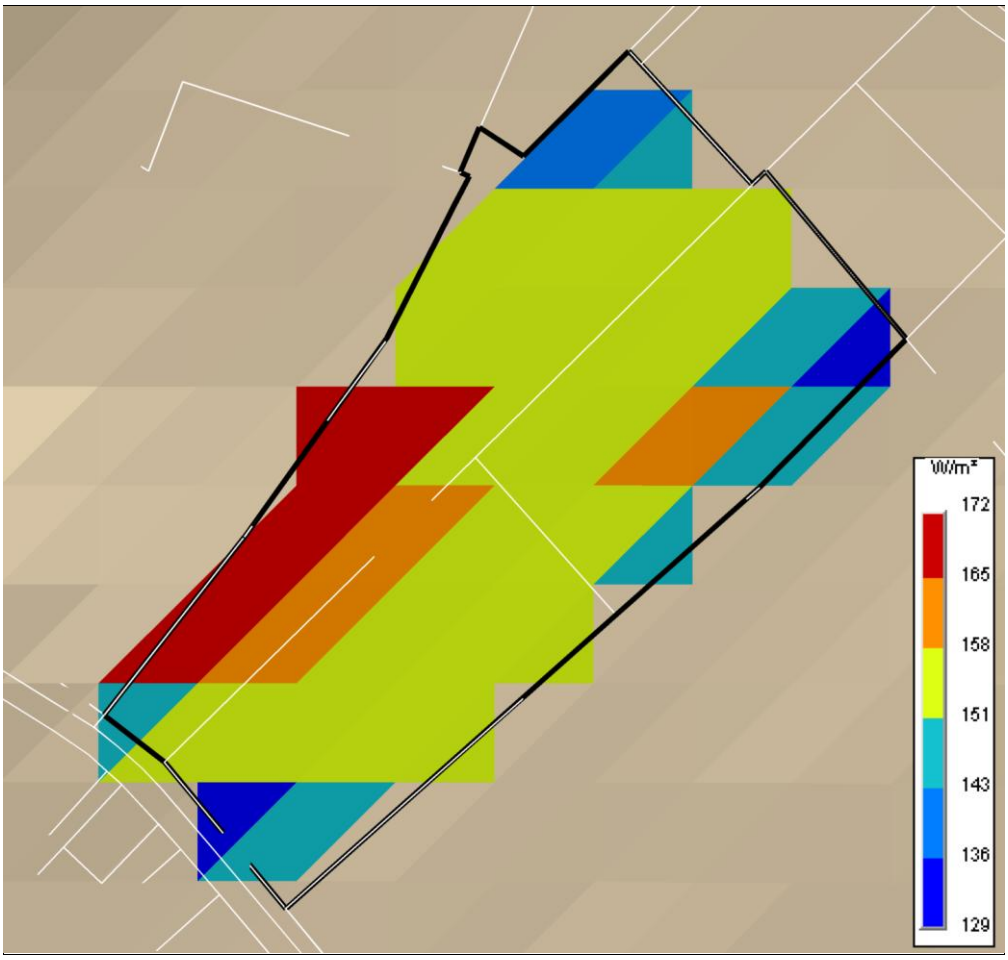

W/m²
462
429
396
363
330
297
264
231
198
165
132
99
66
33
0

3.3.4 Zone AU Morillon

3.3.4.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol

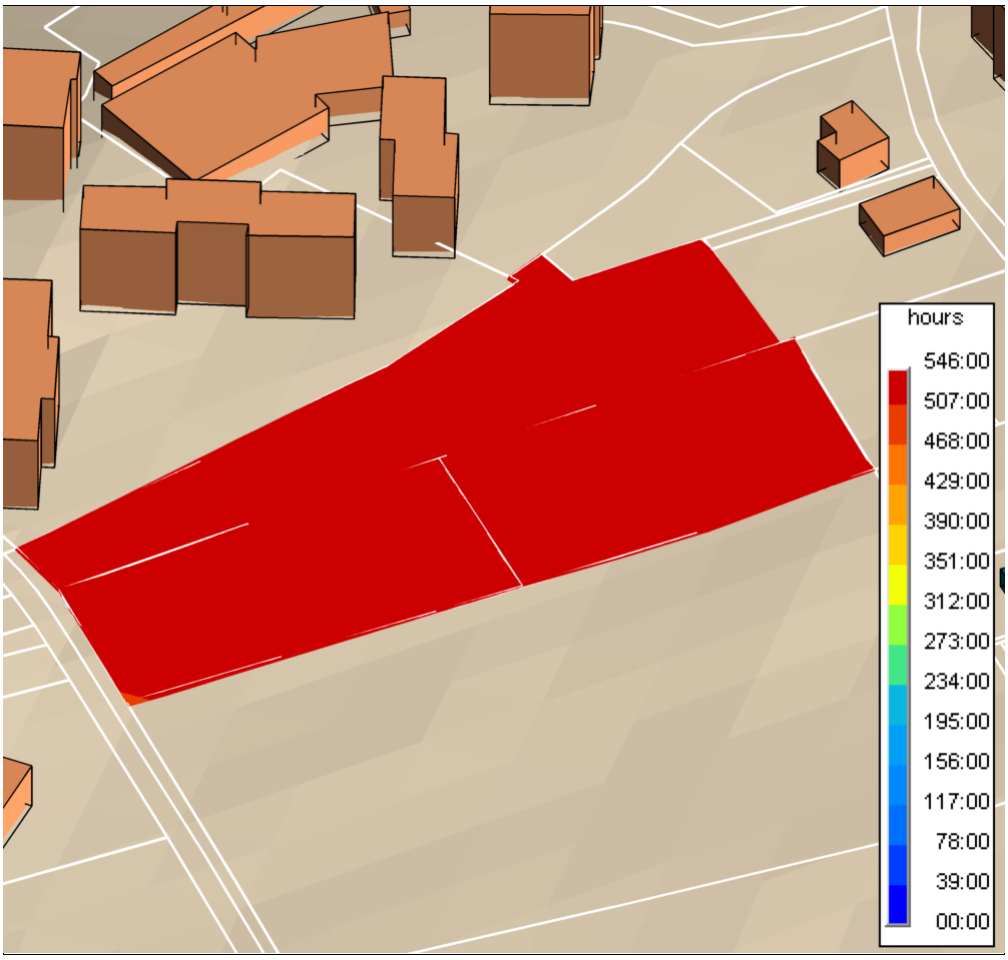
Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – en tenant compte de l'orientation du sol – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques orographiques externes et internes.

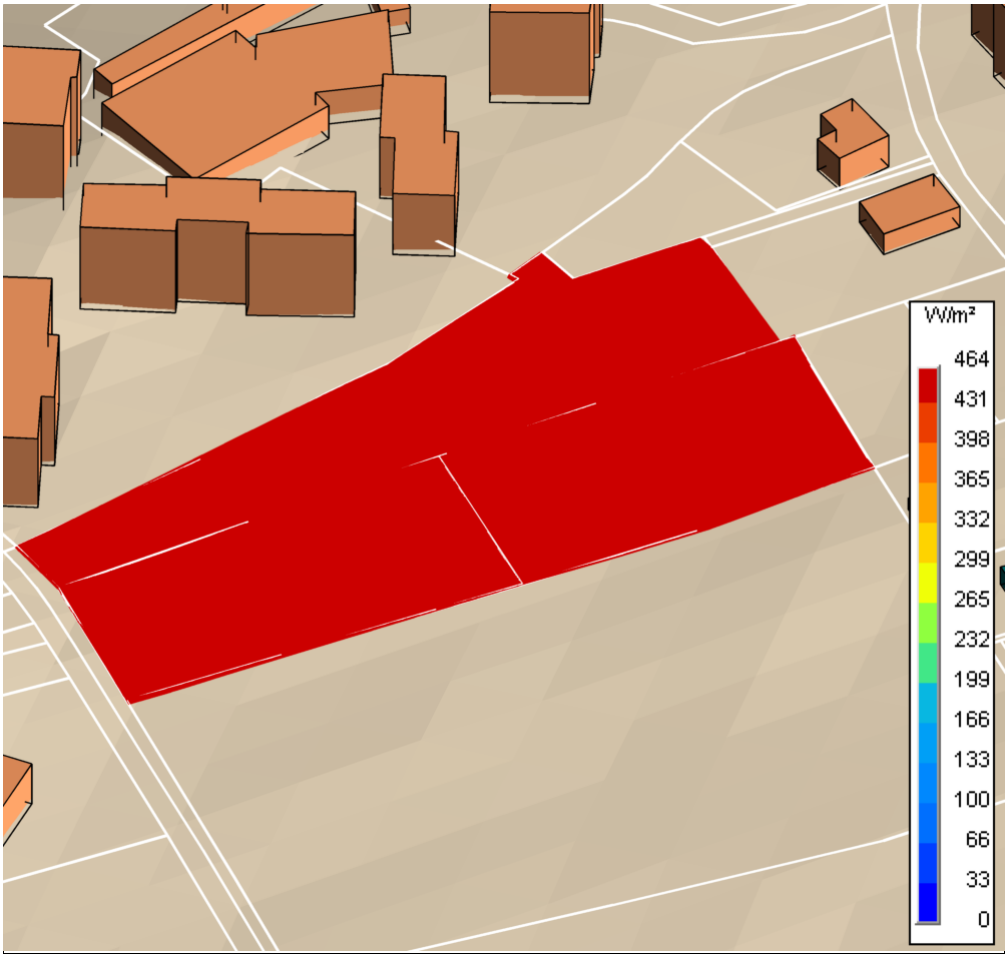



W/m²
172
165
158
151
143
136
129

3.3.4.2 Masques construits et orographiques internes

Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – sans tenir en compte l'orientation du sol (énergie maximale) – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques construits et orographiques internes (terrain limité à la commune à haute résolution).

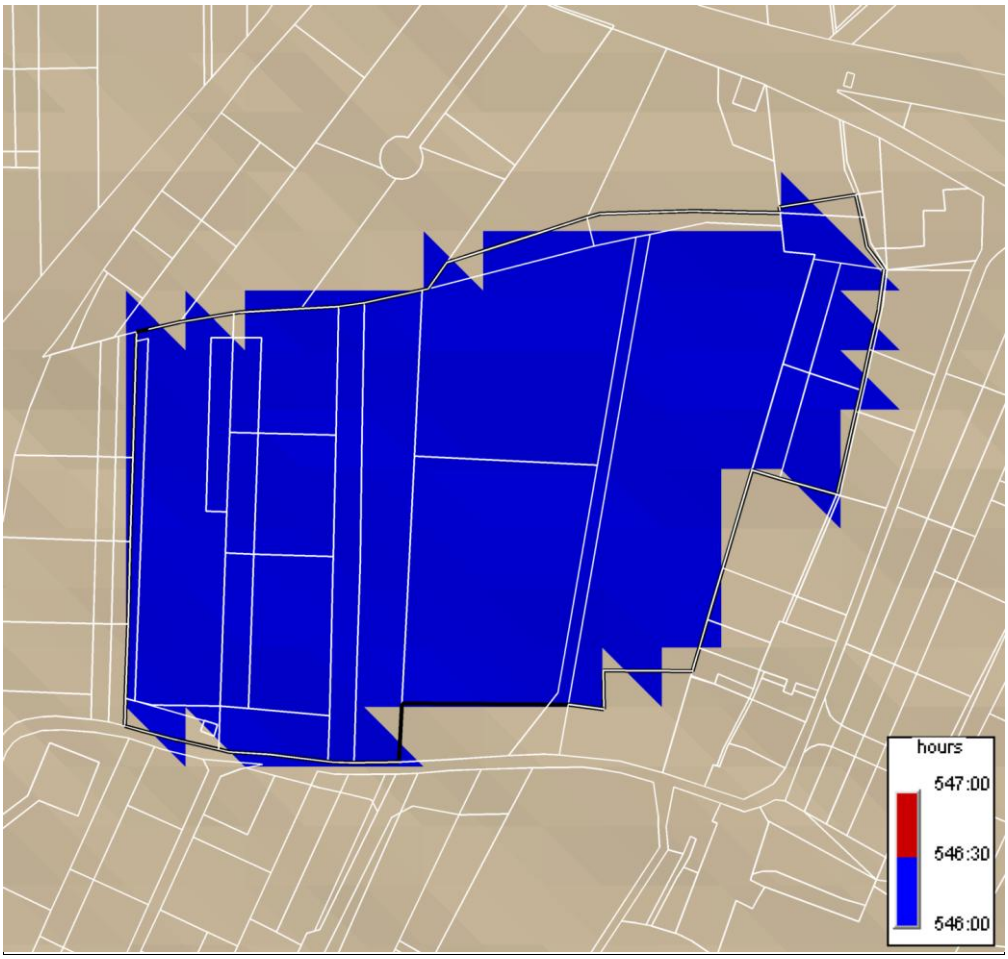

hours
546:00
507:00
468:00
429:00
390:00
351:00
312:00
273:00
234:00
195:00
156:00
117:00
78:00
39:00
00:00

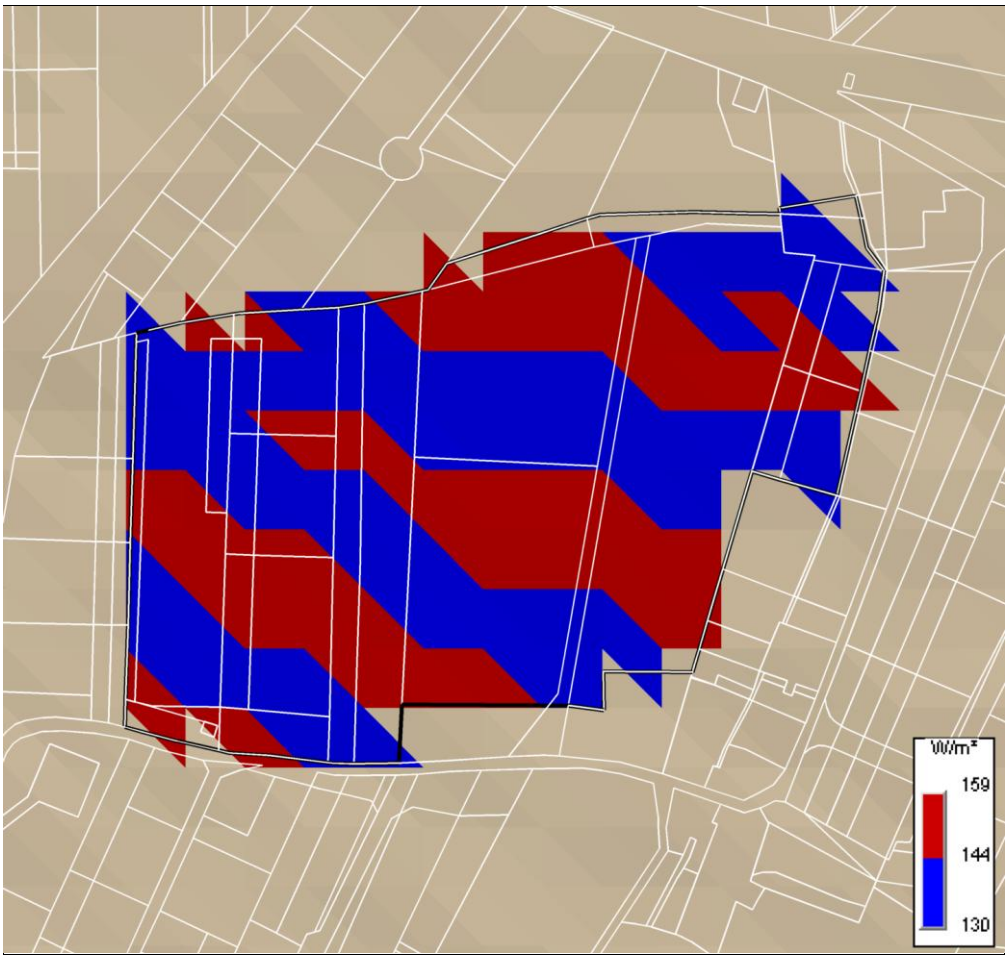

W/m²
464
431
398
365
332
299
265
232
199
166
133
100
66
33
0

3.3.5 Zone AU Concise

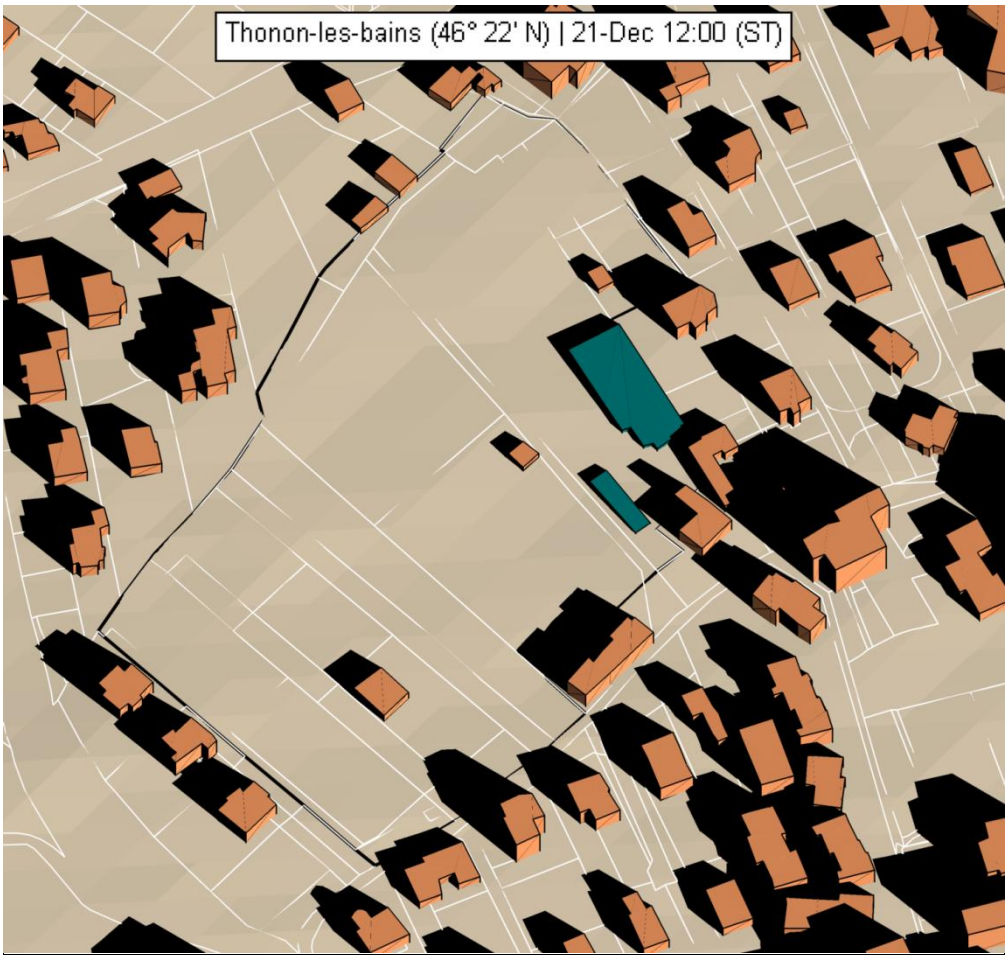
3.3.5.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol

Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – en tenant compte de l'orientation du sol – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques orographiques externes et internes.

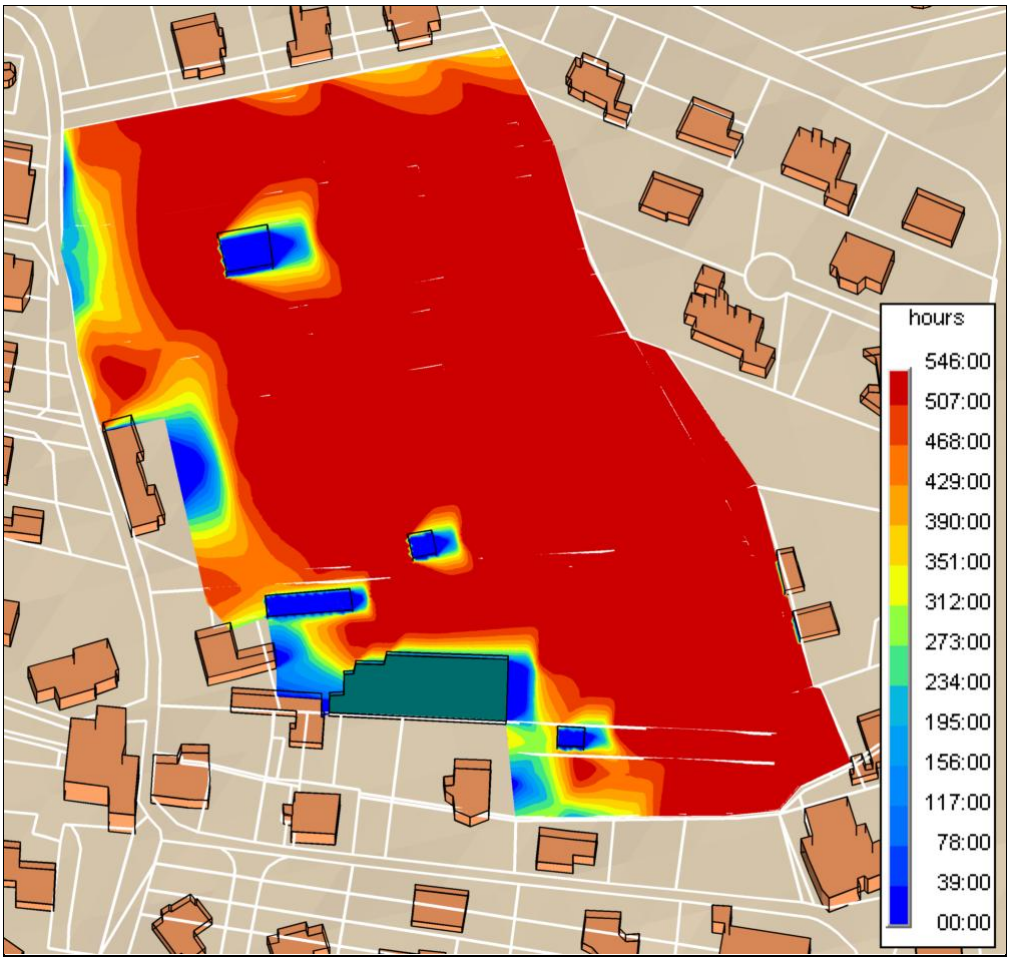


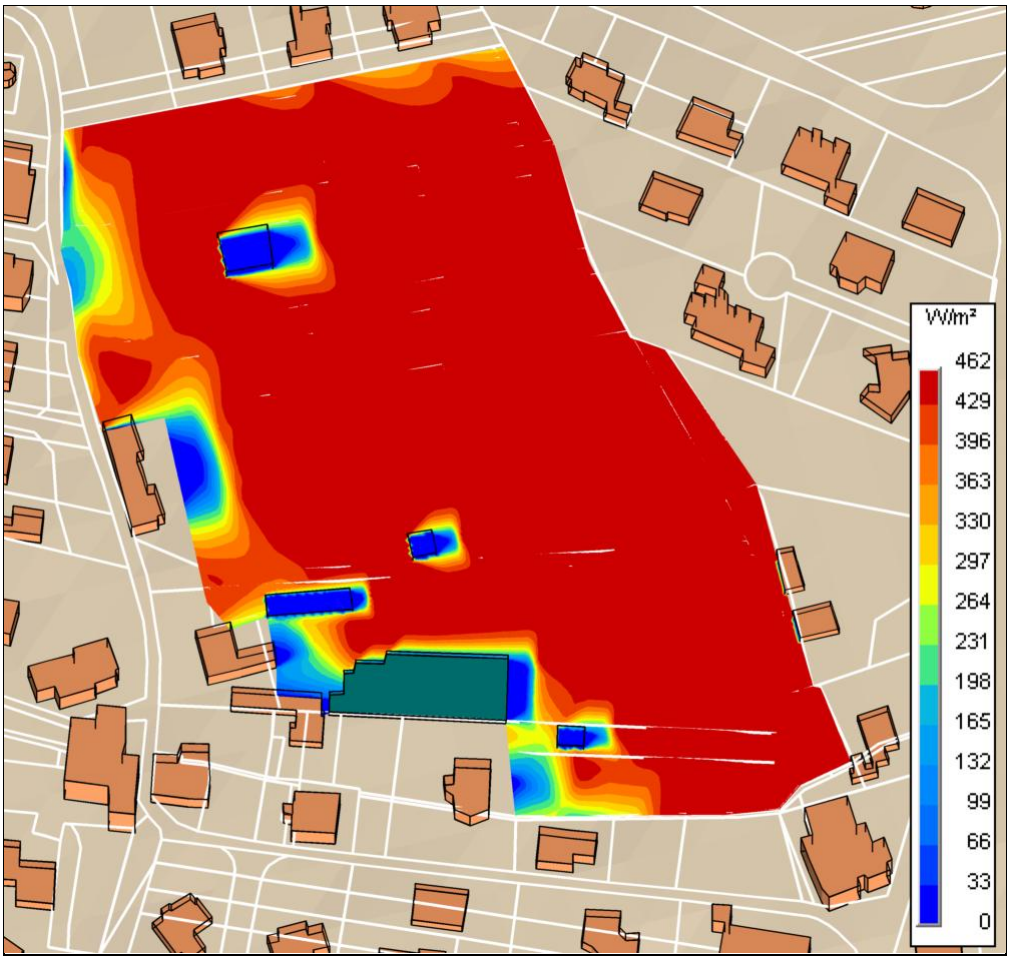

W/m²
159
144
130

3.3.5.2 Masques construits et orographiques internes



Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – sans tenir en compte l'orientation du sol (énergie maximale) – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques construits et orographiques internes (terrain limité à la commune à haute résolution).

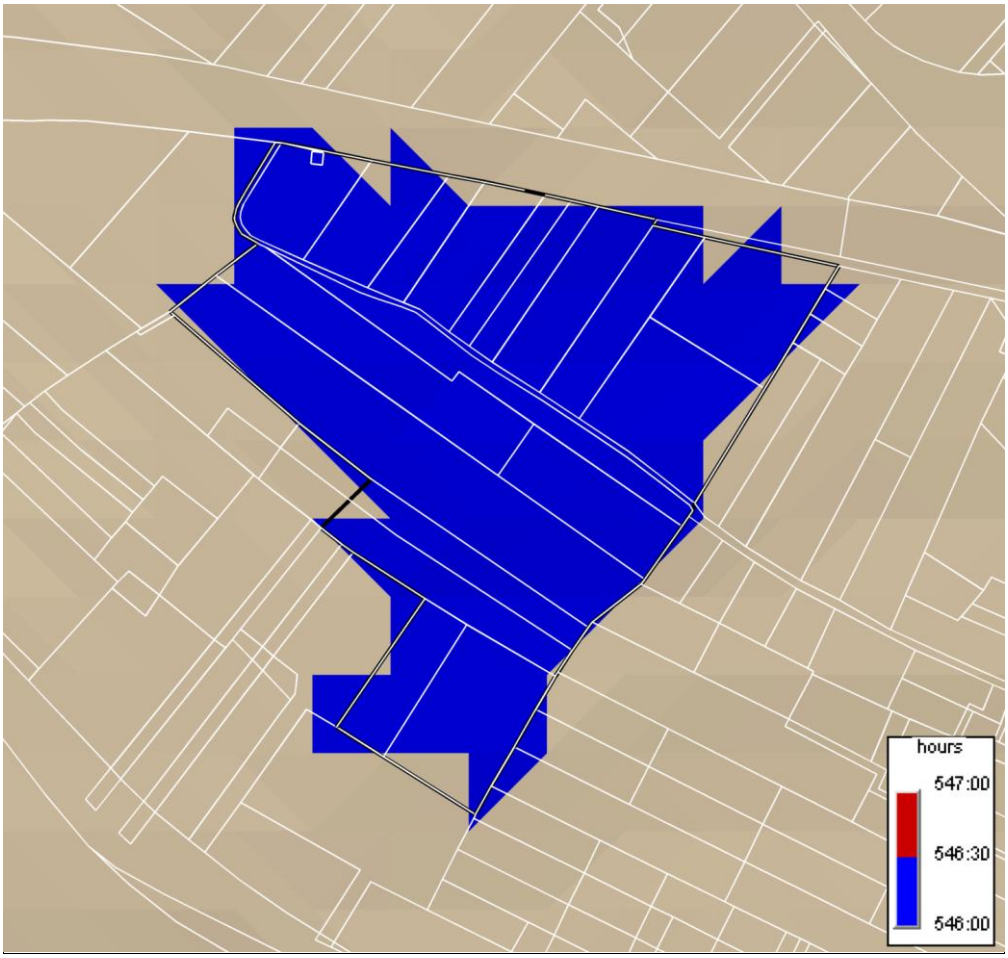

hours
546:00
507:00
468:00
429:00
390:00
351:00
312:00
273:00
234:00
195:00
156:00
117:00
78:00
39:00
00:00

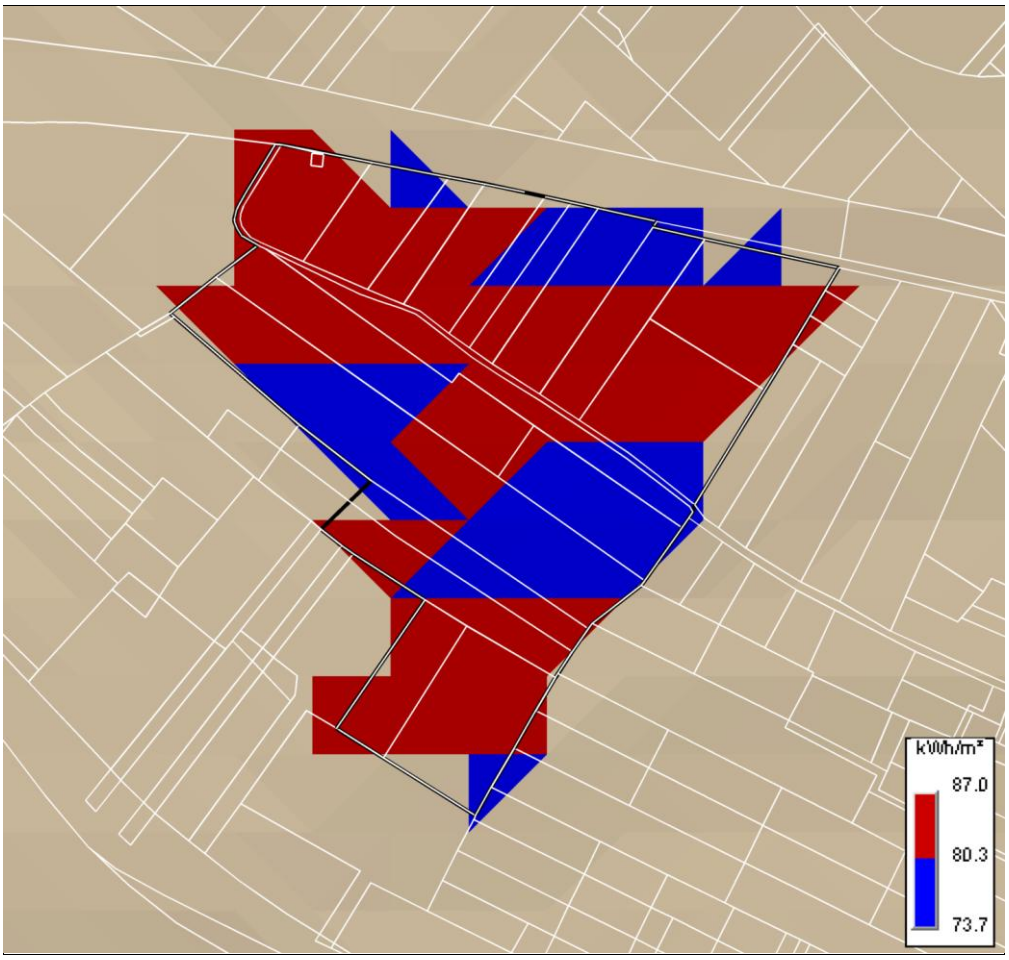

W/m²
462
429
396
363
330
297
264
231
198
165
132
99
66
33
0

3.3.6 Zone AU Vongy

3.3.6.1 Masques orographiques (externes et internes) et orientation du sol

Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – en tenant compte de l'orientation du sol – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques orographiques externes et internes.

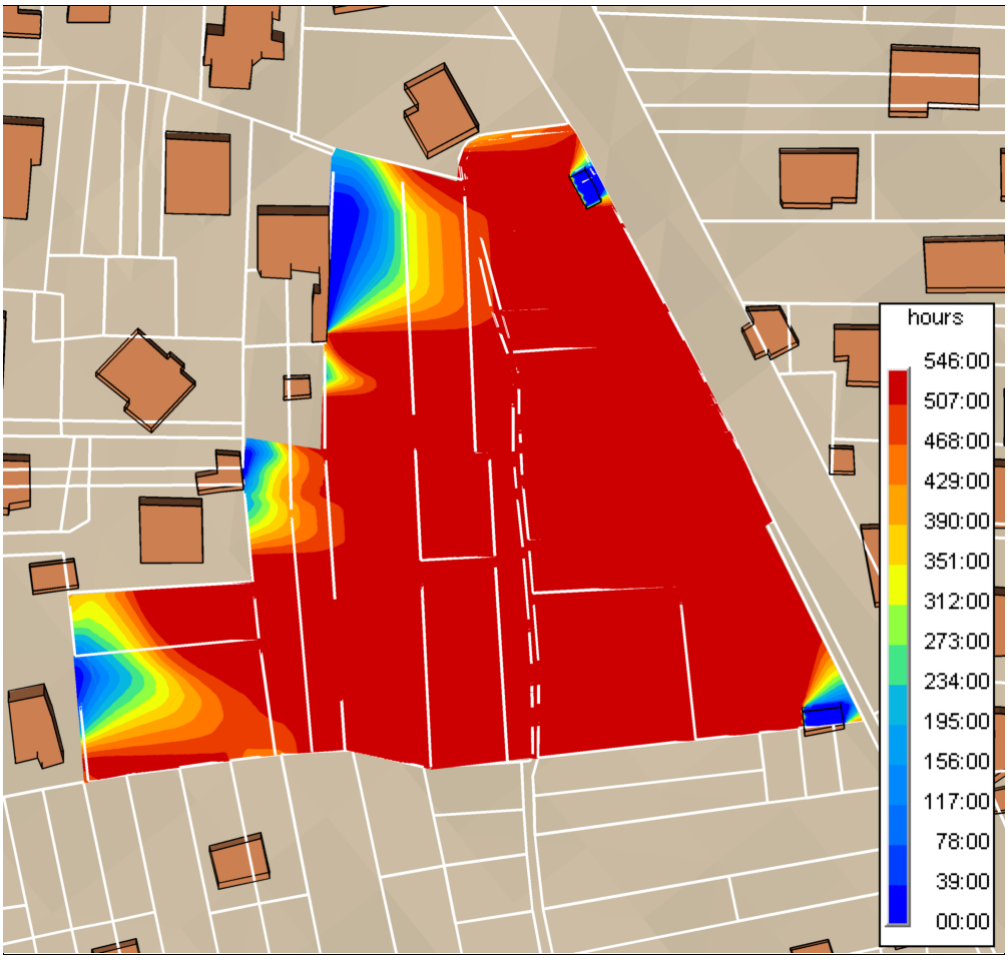


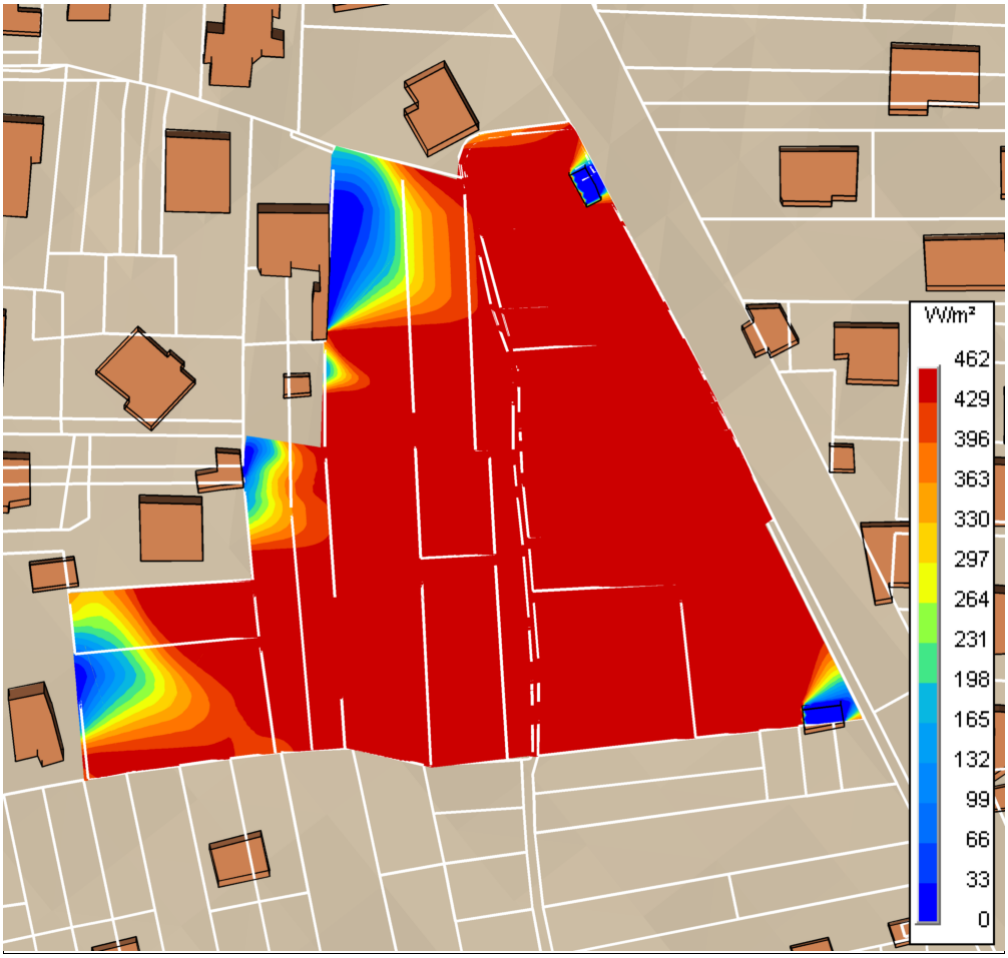


La mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU – en tenant compte de l'orientation du sol – au cours de six mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques orographiques externes et internes a été également effectuée eu égard au relief qui borde la zone AU (voir ci-dessous).

3.3.6.2 Masques construits et orographiques internes

Il s'agit de la mesure de l'insolation et de la puissance moyenne reçus au sol de la zone AU sur la période 9h00-15h00 en temps solaire vrai – sans tenir en compte l'orientation du sol (énergie maximale) – au cours de trois mois centrés sur le solstice d'hiver pour l'ensemble des masques construits et orographiques internes (terrain limité à la commune à haute résolution).


hours
546:00
507:00
468:00
429:00
390:00
351:00
312:00
273:00
234:00
195:00
156:00
117:00
78:00
39:00
00:00


W/m²
462
429
396
363
330
297
264
231
198
165
132
99
66
33
0

4 DOCUMENTS DE REFERENCE

Abdesselam Mohammed, Traisnel Jean-Pierre & Caron André 2008. Performance environnementale des logements. Argumentaire technique et commercial. Rapport pour Arene Ile-de-France, Epa Senart & San Senart. Arene Ile-de-France/Epa Senart/San Senart, Paris, 161 p.

Mazria Edward 2005. Le guide de l'énergie solaire passive. Editions Parenthèses, Marseille, 339 p.