



PROGRAMME D'APPUI DE L'UNION EUROPEENNE AUX SECTEURS DES
ENERGIES RENOUVELABLES, PRINCIPALEMENT ELECTRIQUES, ET
DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE EN ALGERIE

GUIDE RTB+

PRESENTATION A TRAVERS UN ETUDE DE CAS

NOVEMBRE 2021



Les auteurs Marco Morini et Nicolandrea Calabrese ont rédigé ce Guide dans le cadre du Programme d'appui de l'Union européenne aux secteurs des Energies Renouvelables et de l'Efficacité Energétique en Algérie (Contrat N° EuropeAid/138560/DH/SER/DZ).

Les auteurs remercient pour leur contribution proactive, leurs suggestions et intégrations visant à améliorer la qualité du produit final, Tahar Moussaoui, Dario Chello, Mohamed Abdesselam, Pierre Couté et tous les participants du Groupe de travail « Bâtiments », A3G5, en particulier : Abdelkrim Chenak, Kamel Dali, Lotfi Derradji, Reda Dougarem, Laabed Hakimi, Khaled Imessad, Tahar Moussaoui, Assia Sayad, Nabila Tahrat.

Un grand merci spécial à Madame Tamani Nawal Rahache, Directrice Nationale du Programme pour le soutien précieux et continu à ces activités.

2021 - Tous droits réservés - Programme Taka nadifa

ISBN 978-88-8286-417-0

Conception graphique : Marco Morini – ENEA (www.enea.it), Laboratoire d'efficacité énergétique dans les bâtiments et de développement urbain (DUEE-SPS-ESU)

Impression par : BAZ Design agence de communication, 100 locaux Said Hamdine, Local n°10-Bir Mourad Raïs, 16013, Alger, Algérie

Novembre 2021

Cette publication a été produite avec le soutien financier de l'Union européenne. Son contenu relève de la seule responsabilité du Groupe de Travail et ne reflète pas nécessairement les opinions de l'Union européenne.

TABLE DES MATIERES

PREFACE	4
INTRODUCTION.....	5
LE CAS D'ÉTUDE.....	7
1.1 Aspects géométriques.....	7
1.2 Données climatiques.....	8
1.3 Les composantes d'enveloppe et le calcul des coefficients de transmission thermique	9
1.4 Calculs d'hiver	10
1.5 Calculs d'été	12
1.6 Les cinq propositions de l'Assistance Technique pour une RTB+	19
1.7 Exemples illustrant l'intérêt des propositions de la RTB+	20
1.8 Documents et liens utiles.....	26

PREFACE

Les activités du Programme *Taka nadifa* visent l'efficacité énergétique et se concentrent principalement sur le secteur du bâtiment. En effet, le potentiel d'économie d'énergie du parc immobilier en Algérie est important. Le secteur résidentiel et tertiaire représente à lui-seul plus de 42 % de la consommation d'énergie finale du pays.

En 2011, le Programme National de Maîtrise de l'Énergie (PNME) a été adopté par le gouvernement ; puis actualisé en 2015. Le PNME vise la réduction graduelle de la croissance de la demande énergétique et prévoit, à l'horizon 2030, une économie d'énergie cumulée de l'ordre de 63 millions de Tep, une réduction de plus de 193 millions de Tonnes de CO₂ et la création de deux-cent mille emplois.

Les économies d'énergie dans le secteur du bâtiment peuvent atteindre les 30 millions de Tep. Ainsi le programme prévoit d'encourager la mise en œuvre pratique de l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment, tant pour le bâti existant que pour les constructions neuves, tout en gardant comme objectif l'amélioration du confort intérieur des logements en utilisant le moins d'énergie possible.

Dans un premier temps, les experts du groupe de travail et de l'assistance technique de *Taka nadifa* ont effectué un diagnostic approfondi de la Règlementation Thermique du Bâtiment (RTB) existante décrit dans le document technique réglementaire n° C3/2-4 établie par le CNERIB.

Dans un second temps, cinq propositions ont été, ainsi, produites pour d'une part pallier aux difficultés de mise en œuvre de la RTB existante et d'autre part pour intégrer notamment le volet de la performance énergétique du bâtiment. Il en résulte la RTB+ pour laquelle ce guide a été développé.

Il s'agit d'une première étape vers la vérification de la conformité thermique des bâtiments et d'une première tentative d'établir un étiquetage énergétique qui, selon nous, contribuera fortement à l'atteinte des objectifs du PNME.

Tahar Moussaoui

Chef de département Bâtiment de l'APRUE

Dario Chello

Chef d'équipe de l'Assistance Technique du Programme Taka Nadifa

INTRODUCTION

Dans le cadre du projet Taka Nadifa (<http://www.takanadifa.com>) le Groupe 5 de l’Axe 3 « Règlements de l’efficacité énergétique des bâtiments neufs et isolation thermique des bâtiments existants » a conduit une analyse approfondie du secteur de la construction et de la Réglementation Thermique du Bâtiment en vigueur en Algérie (Document Thermique Réglementaire C3.2/4, dénommé ici RTB ou DTR).

Le premier volet du projet a consisté en une analyse visant à identifier les raisons profondes du faible taux d’application du texte réglementaire et d’identifier auprès des acteurs de la filière les difficultés de mise en œuvre de la conformité à la RTB. Le deuxième volet de l’Assistance Technique consiste en des propositions pour surmonter ces obstacles et à préfigurer les prochaines étapes réglementaires. Dans ce cadre, la piste privilégiée est de prolonger le calcul thermique de la RTB, par une estimation de la consommation énergétique intégrant – outre la bonne conception thermique du bâtiment – l’influence des performances sur le bilan énergétique des systèmes techniques de chauffage, climatisation et production d’eau chaude sanitaire, sur la base d’un catalogue d’équipements dont le rendement minimal a été fixé au préalable.

Afin de garantir la réalisation de performances minimales, la RTB se concentre sur l’enveloppe du bâtiment et, en particulier, à maîtriser les déperditions calorifiques en période d’hiver et les apports calorifiques en période d’été travers de l’enveloppe en fixant des seuils à ne pas dépasser, appelés respectivement déperditions et apports de référence. La conformité thermique se limite à vérifier les potentialités de l’enveloppe du bâtiment. Pour calculer la consommation énergétique du bâtiment et améliorer le confort d’été, il est nécessaire de prendre en compte les autres spécificités bioclimatiques de l’enveloppe (récupération des apports solaires en hiver, ventilation naturelle en été pour les bâtiments non climatisés) et d’intégrer l’efficacité des systèmes techniques. L’actuelle RTB n’impose aucune exigence sur les technologies ou des rendements minimaux des systèmes techniques, mais réglemente en effet le dimensionnement des systèmes de chauffage et climatisation.

Si la vérification de la conformité est obligatoire pour les bâtiments neufs, dans les faits le contrôle de conformité ne se fait qu’à la demande du Maître d’Ouvrage. L’absence de contrôle effectif du respect de la RTB, ajoutée au côté fastidieux des calculs thermiques, explique la faible application des prescriptions de la RTB. Aussi pour faciliter l’application de la RTB, l’Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l’Utilisation de l’Energie en Algérie (APRUE) a mis à disposition un outil en ligne appelé CTBAT (<http://v2.ctbat.net>) ainsi que le Centre de Développement des Energies Renouvelables (CDER), qu’a mis à disposition l’outil RETA (<https://reta.cder.dz/>).

FIGURE 1 – PAGES D’ACCUEIL DE CTBAT ET RETA



FIGURE 2 – LE BILAN THERMIQUE DANS UN LOGEMENT INDIVIDUEL

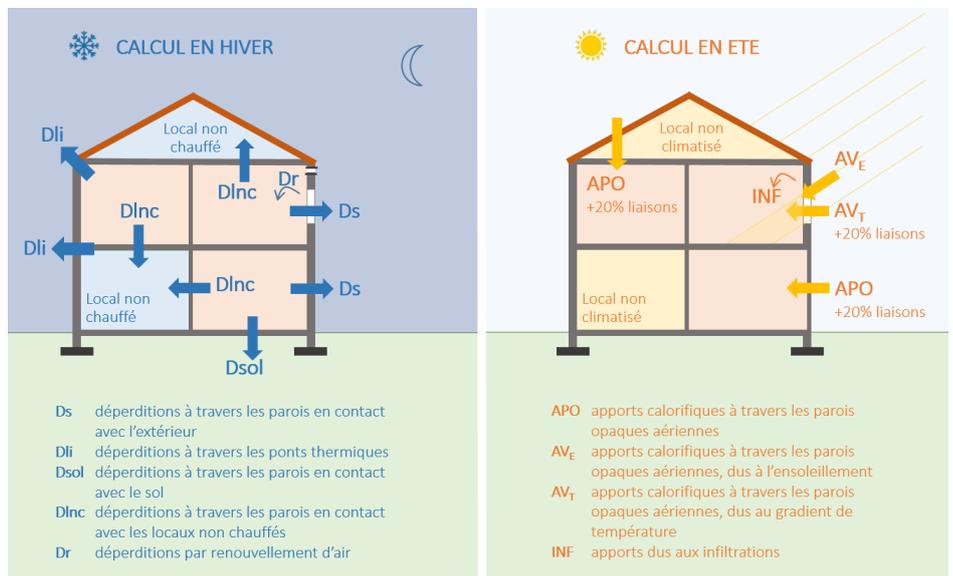
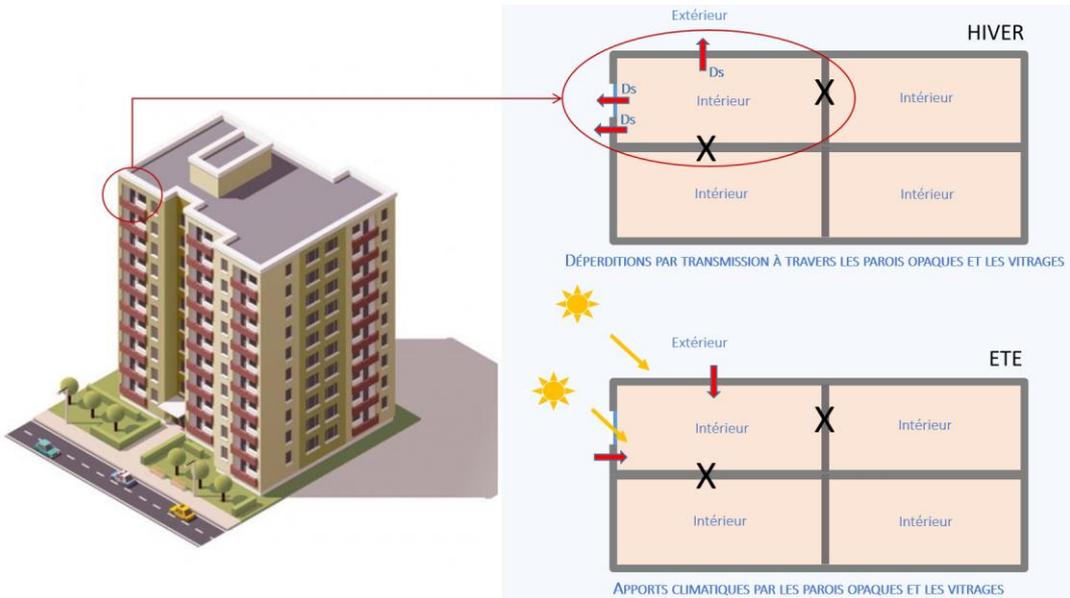


FIGURE 3 – LES SURFACES DE DEPERDITION THERMIQUE D’UN LOGEMENT EN IMMEUBLE COLLECTIF

NOTE. Dans les logements en immeuble collectif, les surfaces de déperdition et d’apport que constituent l’enveloppe sont seulement les parois (verticales ou horizontales) à contact avec l’extérieur ou bien le sol.

Les parois qui séparent deux logements dans le même étage ou les planchers entre logements à étages différents ne sont pas considérés dans le bilan thermique du bâtiment (tous les logements sont considérés comme climatisés).



Les pistes d’améliorations avancées dans le cadre de ce programme d’assistance technique – ciblées pour le renforcement de la mise en œuvre de la RTB et l’amélioration de l’efficacité énergétique des bâtiments dans le pays – pourraient faire l’objet d’une RTB révisée, qui ci-après, sera désignée comme « RTB+ » et qui nécessitera une évolution réglementaire ou législative pour devenir le nouveau cadre de référence du secteur en matière d’efficacité énergétique.

Les objectifs du Guide de la RTB+ sont les suivants :

- faciliter l’approche de la vérification de conformité à la RTB et accompagner l’utilisateur par la présentation des détails du calcul de la performance thermique selon la RTB d’un bâtiment choisi comme cas d’étude ;
- illustrer les pistes d’améliorations proposées par la RTB+ à un public de techniciens (professionnels et fonctionnaires) et leurs potentiels effets en termes d’exploitation d’économie d’énergie ;
- sensibiliser aux thématiques relatives à l’efficacité énergétique au travers d’un éventail de matériels et autres informations utiles.

LE CAS D'ÉTUDE

1.1 Aspects géométriques

Pour illustrer les différentes étapes à observer afin de vérifier la conformité à la RTB, le cas d'étude proposé est un logement individuel situé dans la Wilaya d'Alger. Il se compose de 3 pièces principales et de 2 de service (cuisine et salle de bain) et totalise une surface de plancher d'environ 78 m². Il est contigu à l'est et à l'ouest avec deux logements identiques ; seules les façades nord et sud sont dispersantes. Les caractéristiques géométriques principales nécessaires au calcul réglementaire sont synthétisées dans le Tableau 1.

Il est à noter que le calcul réglementaire s'appuie par convention (§ I.4.2. du DTR) sur :

- les longueurs **intérieures** (en m), pour les parois verticales qui ne sont pas en contact avec le sol (marqué par exemple par une ligne pointillée en Figure 4, vue Sud), pour les plafonds et les planchers sur vide sanitaire ;
- le périmètre **intérieur** (en m) pour les planchers bas sur terre-plein ou enterrés ;
- la longueur (en m) du pourtour **extérieur** pour les murs enterrés.
- le tableau **extérieur** pour le calcul des ouvrants (i.e. portes et fenêtres).

TABLEAU 1

DONNEES DIMENSIONNELLES GENERALES DU BATIMENT	
côté A _{net}	9,32 m
côté B _{net}	8,32 m
h _{net}	3,00 m
Surface nette	77,54 m ²
Volume net chauffé	232,63 m ³
côté A	10,20 m
côté B	9,20 m
h	4,02 m
Surface brute	93,84 m ²
Volume totale	377,24 m ³
Périmètre intérieur du plancher bas	35,28 m

TABLEAU 2

SURFACES DE L'ENVELOPPE ET LEUR ORIENTATION		
Toiture	77,54 m ²	-
Plancher	77,54 m ²	-
Mur – Nord	23,76 m ²	N
Mur – Sud	22,36 m ²	S
Porte	2,24 m ²	S
Fenêtre SUD 1	1,68 m ²	S
Fenêtre SUD 2	1,68 m ²	S
Fenêtre NORD 1	1,68 m ²	N
Fenêtre NORD 2	1,68 m ²	N
Fenêtre NORD 3	0,84 m ²	N
Surface d'enveloppe Totale	211,00 m ²	

FIGURE 4

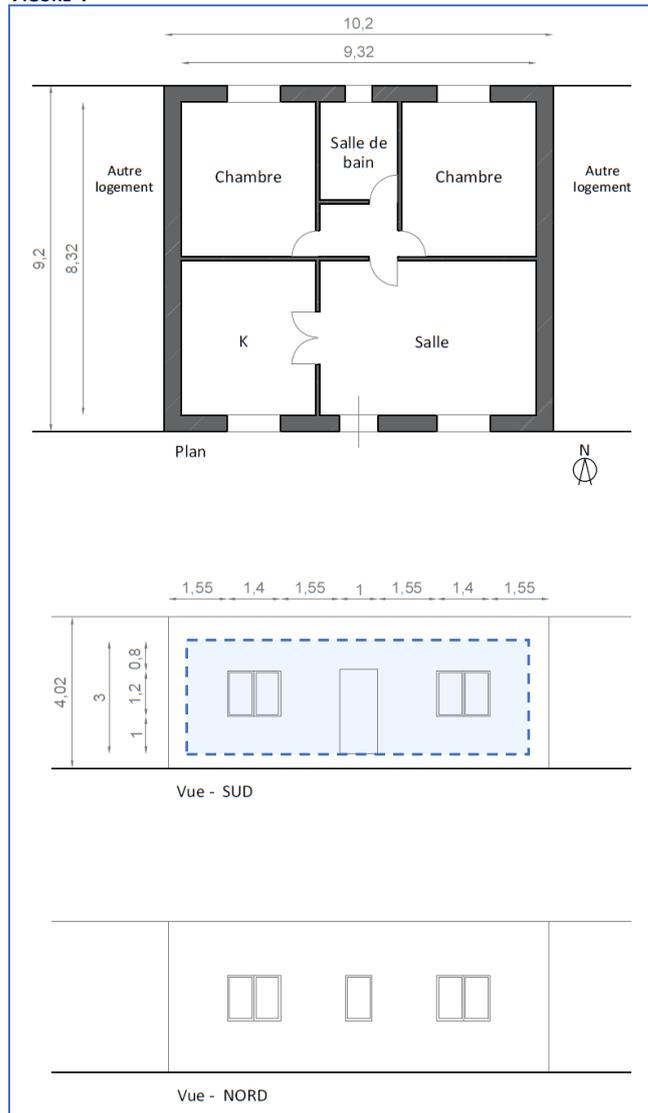
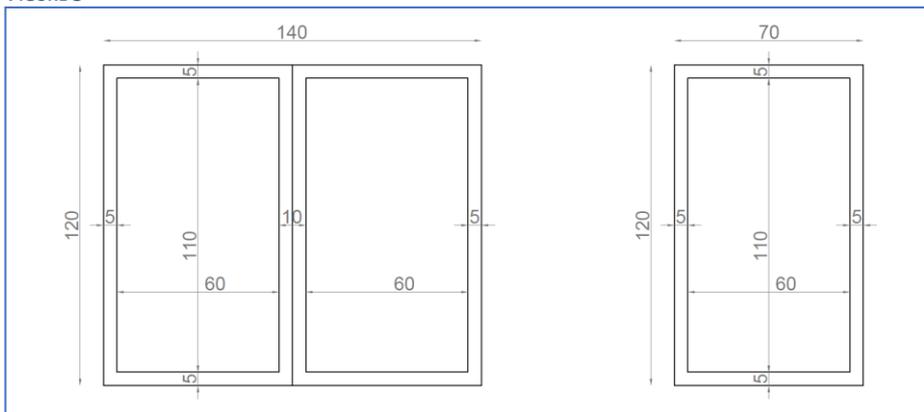




TABLEAU 3

DONNEES GEOMETRIQUES DES FENETRES			
		F1	F2
A	m	1,20	1,20
B	m	1,40	0,70
Surface fenêtre (S_{ouv})	m ²	1,68	0,84
Surface vitrage (S_G)	m ²	1,32	0,66
Surface menuiserie (S_f)	m ²	0,36	0,18
Épaisseur menuiserie (d_f)	m	0,05	0,05
Périmètre vitrage (P_G)	m	6,80	3,40

FIGURE 5



Le calcul des surfaces de fenêtres distingue la surface totale de l'ouverture dans la paroi (S_{ouv}), la surface de la menuiserie (S_f) et la surface vitrée (S_G). Dans le cas d'étude par simplicité, seules deux typologies de fenêtres (Figure 5) ont été retenues. Les données géométriques de base pour le calcul sont détaillées dans le Tableau 3.

1.2 Données climatiques

Le positionnement du site d'implantation du projet dans une des zones climatiques réglementaires (Tableau 4) permet de déterminer les conditions de base extérieures (Tableau 5) et intérieures (Tableau 6) pour les calculs thermiques.

TABLEAU 4

PARAMETRES GEOGRAPHIQUES ET ZONES THERMIQUES

Wilaya	Alger	
Altitude	40 m	
Latitude	36° 77' Nord	
Zone climatique hiver	A	Annexe A.1 du DTR
Zone climatique été	A	Annexe B.5 du DTR
Classe de rugosité du site	IV (zones urbaines ; zones industrielles ; forêts)	p.86 du DTR

TABLEAU 5

CONDITIONS DE BASE EXTERIEURES

Température extérieure de base (hiver)	$T_{b,e}$	3	°C	Tableau 2.2 du DTR (p.34)
Température de base extérieure sèche (été)	$TS_{b,e}$	34	°C	Tableau 9.1 du DTR (p.99)
Ecart annuel de température	EAT	31	°C	Tableau 9.1 du DTR (p.99)
Ecart diurne	E_b	9	°C	Tableau 9.1 du DTR (p.99)
Humidité relative extérieure	$H_{r,e}$	60	%	Tableau 9.1 du DTR (p.99)
Humidité spécifique	$HS_{b,e}$	14,5	g_{vap}/k_{gas}	Tableau 9.1 du DTR (p.99)

TABLEAU 6

CONDITIONS DE BASE INTERIEURES

Température intérieure hiver	$T_{i,h}$	21	°C	(§ II.4.3., p.33)
Température intérieure été	$T_{i,e}$	27	°C	Tableau 9.6 du DTR (p.104)
Ecart diurne	E_b	9	°C	Tableau 9.6 du DTR (p.104)
Humidité relative intérieure	$H_{r,i}$	60	%	Tableau 9.6 du DTR (p.104)
Humidité spécifique intérieure	$HS_{b,e}$	11,2*	g_{vap}/k_{gas}	Diagramme psychrométrique (p.188)

*obtention de cette valeur montrée au Tableau 6 (p.16) de ce Guide



1.3 Les composantes d'enveloppe et le calcul des coefficients de transmission thermique

Le calcul des coefficients de transmission thermique des parois est une étape déterminante. La formule (1) de calcul du coefficient de transmission thermique en hiver (K, en W/m²°C) d'une paroi additionne la résistance thermique des couches de matériaux montrés dans le Tableau 7 aux valeurs des résistances thermiques d'échange superficiel en hiver (h_i et h_e) du Tableau 1.2 (p. 28 de la RTB). La même formule est utilisée pour obtenir le coefficient de transmission thermique en été K_{été} (équation 10.2 p. 106 de la RTB) mais, dans ce cas, il est nécessaire de se référer au Tableau 1.3 (p. 28 de la RTB) qui contient les valeurs de résistance thermique d'échange superficiel pour l'été.

$$\frac{1}{K} = \sum R + \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} \quad (1)$$

NOTE. Le coefficient de transmission thermique en hiver K de la toiture du Tableau 7 dont la résistance thermique est de 1,677 m² °C/W et pour laquelle 1/h_i + 1/h_e est égal à 0,14 m² °C/W (Tableau 1.2 p. 28 de RTB) est : K = 1/(1,677 + 0,14) = 0,55 W/m² °C.

TABLEAU 7 – COMPOSITION DES PAROIS OPAQUES

TOITURE	K = 0,55 W/m ² °C		K _{été} = 0,53 W/m ² °C	
Matériaux	M _{sup} (kg/m ²)	Conductivité λ (W/m °C)	Epaisseur (m)	Résistance R (m ² °C/W)
Granito	38	2,10	0,02	0,010
Mortier de ciment	44	1,40	0,02	0,014
Sable sec	26	0,60	0,02	0,033
Béton plein – Forme de pente	110	1,75	0,05	0,029
Polystyrène	1,05	0,04	0,03	0,750
Béton – prédalle	102	1,75	0,06	0,034
Plâtre courant d'enduit intérieur	15	0,35	0,02	0,057
Total	336,05		0,64	1,677

MURS	K = 0,99 W/m ² °C		K _{été} = 1,02 W/m ² °C	
Matériaux	M _{sup} (kg/m ²)	Conductivité λ (W/m °C)	Epaisseur (m)	Résistance R (m ² °C/W)
Enduit de ciment	44	0,87	0,02	0,0230
Brique creuse	90	0,48	0,20	0,4167
Lame d'air pour mur de 24 à 50 mm	0	0,00	0,10	0,1400
Brique creuse	90	0,48	0,10	0,2083
Enduit de plâtre	15	0,35	0,02	0,0571
Total	239		0,44	0,845

PLANCHER BAS	K = 2,13 W/m ² °C		K _{été} = 2,70 W/m ² °C	
Matériaux	M _{sup} (kg/m ²)	Conductivité λ (W/m °C)	Epaisseur (m)	Résistance R (m ² °C/W)
Béton armé	750	1,75	0,30	0,171
Sable	39	0,60	0,03	0,050
Mortier de ciment	44	1,40	0,02	0,014
Carrelage (granito)	57	2,10	0,03	0,014
Total	890		0,38	0,25

Le coefficient K de la porte du logement est obtenu au Tableau 3.10 (p.51 du DTR) et est égal à 3,5 W/m² °C, idem pour la valeur estivale. Pour les fenêtres, on a considéré K = 3,0 et K_{été} = 3,0 W/m² °C. Pour ces produits, on pourra se référer aux fiches techniques les concernant ou suivre les méthodologies de calcul proposées dans le DTR (§ III.4-III.5).

$$K_{\text{porte}} = K_{\text{porte,été}} = 3,5 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

$$K_{\text{fenêtres}} = K_{\text{fenêtres,été}} = 3,0 \text{ W/m}^2 \text{ °C}$$

NOTE. Ce guide n'approfondit pas le calcul analytique des coefficients de transmission pour les fenêtres. La RTB décrit cet aspect en détail (§ III.4 et III.5).



1.4 Calculs d'hiver

Le calcul réglementaire en hiver comporte deux étapes :

- 1) Un calcul des déperditions par transmission à travers l'enveloppe que l'on va comparer à des déperditions de référence (équation 2.5 du DTR) ; ceci représente la **vérification de conformité d'hiver**.
- 2) Un calcul de la **puissance de chauffage** (équation 2.9 du DTR) qui est calculée à partir des déperditions par transmission et par renouvellement d'air.

Vérification d'hiver (C-3.2)

$$D_T \leq 1,05 \times D_{réf} \quad (2)$$

D_T (en $W/°C$) représente les déperditions par transmission du logement, obtenues à partir de l'équation 2.3 (p. 31 du DTR) pour toutes les parois qui délimitent le volume thermique considéré. C'est la somme :

- des déperditions surfaciques à travers les parois en contact avec l'extérieur ($D_s = K \times A$) ;
- des déperditions à travers les liaisons où ponts thermiques (D_{li}) ;
- des déperditions à travers les parois en contact avec le sol (D_{sol}) ;
- des déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés (D_{Inc}).

La **déperdition surfacique à travers une paroi en contact avec l'extérieur** D_s correspond au produit du coefficient de transmission thermique en hiver K et de la surface de la paroi considérée.

Une approche simplifiée du calcul des **déperditions par ponts thermiques** D_{li} pour tout le logement consiste à les estimer à 20% des pertes surfaciques par transmission à travers les parois du logement (équation 4.3 du DTR). Cependant, il est possible de les calculer de façon analytique en suivant les indications du Chapitre IV du DTR.

En ce qui concerne la **déperdition vers le sol du plancher bas** D_{sol} (équation (3) et 5.3 à p. 67 du DTR), il s'agit d'un plancher bas sur terre-plein ou enterré sans isolation spécifique (cas 1, dans le Tableau 5.1 à p.68 du DTR) avec une différence entre le niveau haut du plancher bas et le niveau du sol (z) entre -0,2 m et + 0,2 m à 0 et donc un coefficient k_s égal à 1,75 $W/m^2°C$ (Tableau 5.2 à p.69 du DTR).

$$D_{sol} = p \times k_s \quad (3)$$

Où p est le périmètre du plancher bas (35,28 m, cf. Tableau 1).

Dans notre cas d'étude, il n'y a pas de **déperditions à travers les parois en contact avec les locaux non chauffés** D_{Inc} car il n'y a pas de volumes non chauffés. Le total des déperditions par transmission s'établit donc comme suit :

$$D_T = \sum (D_{s,i} + D_{li,i} + D_{sol,i} + D_{Inc,i}) = 0,55 \times 77,54 \times (1 + 20\%) + 0,99 \times (23,76 + 22,36) \times (1 + 20\%) + 3,5 \times 2,24 \times (1 + 20\%) + 3,0 \times (1,68 + 1,68 + 1,68 + 1,68 + 0,84) \times (1 + 20\%) + 1,75 \times 35,28 = 204,09 \text{ W/}°C.$$

Les déperditions par transmission du logement doivent être comparées aux déperditions de référence $D_{réf}$ (en $W/°C$), obtenues grâce à la formule suivante (équation 2.6, p.32 du DTR) et à partir des coefficients de référence (a, b, c, d, e) du Tableau 2.1 (p.32 du DTR) :

$$D_{réf} = a \times S_1 + b \times S_2 + c \times S_3 + d \times S_4 + e \times S_5 \quad (4)$$

Dans ce cas (logement individuel à Alger, zone A), $D_{réf} = 0,9 \times 77,54 + 2,0 \times 77,54 + 1,2 \times (19,46 + 18,92 + 24,96 + 24,96) + 3,0 \times 2,24 + 3,8 \times (3,40 + 3,40 + 3,40 + 3,40 + 1,7) = 315,66 \text{ W/}°C.$

D_T (204,09 $W/°C$) étant plus bas que $1,05 \times D_{réf}$ (315,66 $W/°C$), la vérification d'hiver (2) est passée avec succès !



Connaissant les déperditions par transmission D_T , nous pouvons passer à l'étape suivante du calcul de la puissance de chauffage Q nécessaire pour un logement. Pour cela une estimation des pertes par renouvellement d'air D_R doit être effectuée selon l'équation suivante (équation 2.9 du DTR).

$$\text{Puissance de chauffage} \quad Q_{ch} = (t_{b,i} - t_{b,e}) \times \{[1 + \max(c_r, c_{in})] \times D_T + [(1 + c_r) \times D_R]\} \quad (5)$$

Où :

- $t_{b,i}$ (en °C) est la température intérieure de base (21 °C – cf. Tableau 6) ;
- $t_{b,e}$ (en °C) est la température extérieure de base (3 °C – cf. Tableau 5) ;
- D_T (en W/°C) représente les déperditions par transmission du logement ;
- D_R (en W/°C) représente les déperditions par renouvellement d'air du logement ;
- c_r (sans dimension) est un ratio estimé des pertes calorifiques dues au réseau de tuyauteries éventuel (dans le cas, chauffage individuel, est égal à 0) ;
- c_{in} (sans dimension) représente un coefficient de surpuissance (dans le cas, chauffage discontinu et classe d'inertie du bâtiment "faible" ou "moyenne", est égal à 0,15).

Les **déperditions par renouvellement d'air** du logement font l'objet du chapitre VII du DTR. L'expression générale (équation 7.1 à p. 81 du DTR) est la suivante :

$$D_R = 0,34 \times (Q_{V,an} + Q_s) \quad (6)$$

Où :

- 0,34 (en Wh/m³ °C) est la chaleur volumique de l'air ;
- $Q_{V,an}$ (en m³/h) est le débit minimal d'air neuf (équation 7.2 à p.83 du DTR), correspondant à la valeur plus grande entre 0,6 fois le volume habitable par heure et le débit extrait de référence $Q_{V,ref}$ qui dépend du nombre de pièces principales et de service (équation 7.3 p.83 du DTR).
Dans ce cas, $Q_{V,an} = \max(0,6 \times 232,63 ; [5 \times 75 + (105 + 30)]/6) = 139,58 \text{ m}^3/\text{h}$;
- Q_s (en m³/h) est le débit supplémentaire par infiltrations dues au vent, déterminé en considérant seulement le débit d'air s'infiltrant par les ouvrants – i.e. portes et fenêtres (équations 7.4 et 7.5, pp. 85-86 du DTR).

$$Q_s = \sum P_{Pi} \times e_{vi} = \sum (P_{oi} \times A_i) \times e_{vi} \quad (7)$$

TABLEAU 8 – CALCULS DU DEBIT SUPPLEMENTAIRE PAR INFILTRATIONS DUES AU VENT (Q_s)

	A (m ²)	P _o (m ³ /h m ² sous ΔP = 1 Pa)	e _v	Q _s (m ³ /h)
		Tableau 7.5 du DTR	Tableau 7.6 du DTR	Equation 7.4 du DTR
Porte	2,24	1,2	1,47 (H≤4m et zone IV)	3,951
Fenêtre SUD 1	1,68	4,0	1,47	9,878
Fenêtre SUD 2	1,68	4,0	1,47	9,878
Fenêtre NORD 1	1,68	4,0	1,47	9,878
Fenêtre NORD 2	1,68	4,0	1,47	9,878
Fenêtre NORD 3	0,84	4,0	1,47	4,939
TOTAL				48,40

Nous disposons désormais des toutes les données pour calculer les déperditions par renouvellement d'air (D_R) et obtenir la puissance de chauffage.

$$D_R = 0,34 \times (139,58 + 48,40) = 63,91 \text{ W/°C}$$

$$Q_{ch} = (21 - 3) \times \{[1 + \max(0 ; 0,15)] \times 204,09 + [(1 + 0) \times 63,91]\} = 5375 \text{ W} = 5,4 \text{ kW}$$



1.5 Calculs d'été

Comme pour l'hiver, le calcul réglementaire d'été comporte deux étapes :

- Une première étape de **vérification de l'exigence d'été** (équation 8.7 à p. 93 du DTR). Il s'agit de comparer la somme des apports calorifiques par les parois vitrées AV et opaques APO au mois de juillet à 15h TSV (Temps Solaire Vrai) pour une température sèche intérieure de 27°C, avec les apports calorifiques de référence ;
- Une deuxième étape de calcul de **charge de climatisation (puissance de climatisation)** – définie comme la somme des apports totaux sensibles et latents (équations 8.5 et 8.6 p. 92).

$$\text{Vérification d'été (C-3.4)} \quad APO(15h) + AV(15h) \leq 1,05 \times A_{réf} \quad (8)$$

APO(t), en W, désigne les **apports calorifiques à travers les parois opaques** extérieures et est calculé comme suit (équation 10.1, p. 105 du DTR) :

$$APO(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{int} \times \Delta te(t) \quad (9)$$

Où :

- 1,2 est un coefficient tenant compte des apports latéraux linéiques (au travers des ponts thermiques) ;
- S_{int} (m²) est la surface intérieure totale des parois ; $K_{été}$ la transmission calorifique (W/m² °C) ;
- $\Delta te(t)$ (°C) est la différence équivalente de température à l'heure t (cf. § X.1.3 du DTR). Le calcul réglementaire impose l'heure et le mois de référence de calcul : t = 15h au mois de juillet.

Pour les parois ensoleillées (équation 10.7, p.106 du DTR), la différence équivalente de température intègre la surchauffe de la paroi liée à l'ensoleillement direct.

$$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C_{\Delta te} + \frac{\alpha}{0,9} [\Delta tem(t) - \Delta tes(t)] \times \frac{I_{t,b}}{I_{t,b}(40)} \quad (10)$$

Pour les parois à l'ombre (équation 10.8, p.106 du DTR), la formule se simplifie :

$$\Delta te(t) = \Delta tes(t) + C_{\Delta te} \quad (11)$$

Les calculs pour toutes les parois opaques sont déroulés dans le Tableau 9 et prennent en compte les données suivantes :

- *Porte* : face extérieure de couleur claire, $\alpha = 0,50$ (§ X.1.3.4.1. du DTR) ;
- *Murs et couverture* : face extérieure de couleur noir mat, $\alpha = 1$ (§ X.1.3.4.1. du DTR) ;
- La toiture est isolée (i.e. la RTB prescrit de prendre pour $\Delta tem(t)$ et $\Delta tes(t)$ 75% des valeurs du tableau 10.2).

TABLEAU 9

APPORT PAROIS OPAQUES

		Mur N	Mur S	Porte S	Toit	Source
$\Delta te(15h)$	°C	4,10	13,03	10,58	18,68	-
$\Delta tem(15h)$	°C	4,40	13,90	15,60	12,90	Tableau 10.1 et 10.2 du DTR
$\Delta tes(15h)$	°C	4,40	4,40	6,70	2,48	Tableaux 10.1-10.2 du DTR (parois N à l'ombre)
Msup	kg	239	239	<100	336	-
E _b	°C	9,00	9,00	9,00	9,00	Tableau 9.1 du DTR
Δts max	°C	7,00	7,00	7,00	7,00	TS _{b,e} - TS _{b,i} - Tableau 9.1 du DTR
C _{Δte}		-0,30	-0,30	-0,30	-0,30	Tableau 10.3 du DTR par interpolation
α		1,00	1,00	0,50	1,00	§ X.1.3.4.1. du DTR
I _{t,b}	W/m ²	47,82	183,54	183,54	745,42	Tableau 9.4 du DTR par interpolation
I _{t,b} (40)	W/m ²	47,00	217,00	217,00	734,00	Tableau 9.4 du DTR
S _{int}	m ²	23,76	22,36	2,24	77,54	-
K _{été}	W/m ² °C	1,02	1,02	3,50	0,53	-
APO(15h)	W	118,66	354,85	99,56	690,94	



Les apports à travers les parois opaques extérieures **APO (15 h)** sont donc égaux à **1264,01 W**.

Une fois connus les apports par les parois opaques, on procède au calcul des **apports calorifiques à travers les parois vitrées AV** (cf. chapitre XI, p. 98 du DTR). Les apports AV (en W) correspondent (équation 11.2 à p. 115 du DTR, par erreur dans le DTR indiquée avec le code « 10.2 ») à la somme des apports dus au gradient de température au travers des parois vitrées AVT(t) et des apports dus au rayonnement solaire AVE(t) :

$$AV(t) = AVT(t) + AVE(t) \quad (12)$$

Les gains dus au gradient de température à travers les parois vitrées AVT(t) en W sont calculés comme suit (équation 11.3 à p. 115 du DTR, mais par erreur dans le DTR indiquée avec le code « 10.3 ») :

$$AVT(t) = 1,2 \times K_{été} \times S_{ouv} \times (TS_e - TS_{b,i}) \quad (13)$$

Où :

- 1,2 est un coefficient tenant compte des apports latéraux linéiques (à travers les ponts thermiques) ;
- S_{ouv} (en m^2) est la superficie de l'ouverture dans la paroi opaque ;
- $TS_e(t)$ (en $^{\circ}C$) est la température extérieure sèche à l'heure t (cf. § IX.1.1.3), dans ce cas égal à $34^{\circ}C$ (équation 9.1 ; $TS_{b,e} = 34^{\circ}C$; $E_b = 9^{\circ}C$; $C_{TS}(15\text{ h}) = 0$) ;
- $TS_{b,i}$ (en $^{\circ}C$) est la température intérieure sèche de base pour le local considéré ($27^{\circ}C$).

Les gains dus au rayonnement solaire à travers les parois vitrées AVE(t) en W sont calculés comme indiqué ci-après (équation 11.4 p. 116 du DTR) :

$$AVE(t) = [SV_{ens} \times It + (SV - SV_{ens}) \times Id] \times FS \times N_{PVI}(t) \quad (14)$$

Où :

- SV (en m^2) est la superficie totale vitrée et SV_{ens} (en m^2) est la superficie vitrée ensoleillée (cf. annexe B.4 du DTR pour la détermination des parties ensoleillées) ;
- $SV - SV_{ens}$ (en m^2) est la surface vitrée à l'ombre ;
- It (en W/m^2) est le rayonnement total maximal réel (cf. § IX.1.2.3), qui dépend du rayonnement total de base It_b obtenu par interpolation des valeurs du tableau 9.4 du DTR et corrigés par les coefficients du Tableau 10 :
 - $It_{b,SUD,30^{\circ}} = 94$ $It_{b,S,40^{\circ}} = 217$ $It_{b,S,36^{\circ}77'} = 183,5\text{ W/m}^2$ (par interpolation) ;
 - $It_{b,NORD,30^{\circ}} = 50$ $It_{b,N,40^{\circ}} = 47$ $It_{b,N,36^{\circ}77'} = 47,8\text{ W/m}^2$ (par interpolation) ;

TABLEAU 10 – COEFFICIENTS DE CORRECTION DU RAYONNEMENT TOTAL DE BASE DANS LE CAS D'ÉTUDE

Ccadre	Tenant compte de la nature du cadre - ou menuiserie - (cf. § IX.1.2.3.2)	Cadre en bois	1
Climp	Tenant compte de la limpidité de l'atmosphère (cf. § IX.1.2.3.3)	Centre des grandes villes, les zones industrielles	0,87
Calt	Tenant compte de l'altitude (cf. § IX.1.2.3.4)	Altitude = 40 m	1,0009
Cros	Tenant compte de la valeur du point de rosée (cf. § IX.1.2.3.5, tableau 9.5)	zone A, altitude < 500 m	0,99

- Id (en W/m^2) est le rayonnement diffus maximal réel (cf. § IX.1.2.3) qui dépend du rayonnement diffus de base Id_d (en W/m^2) obtenu par interpolation des valeurs du tableau 9.4 à p. 101 du DTR (les valeurs pour l'orientation Nord correspondent au rayonnement diffus de base) et corrigé par les 4 coefficients qui viennent d'être introduits : $Id_{b,N,36^{\circ}77'} = 47,8\text{ W/m}^2$ (par interpolation) ;
- $N_{PVI}(t)$ représente le coefficient d'amortissement relatif aux gains par ensoleillement au travers des parois vitrées à l'heure t considérée (cf. § XI.1.2). Il est obtenu par les tableaux 11.1-11.5 du DTR en fonction de la durée de fonctionnement des installations, des protections solaires (stores, rideaux, etc.), de la masse M rapportée à la surface du plancher (équation 11.5 du DTR), de l'orientation de la paroi vitrée et de l'heure solaire vraie.



Dans notre cas d'étude :

- L'heure solaire vraie est 15h et la masse M rapportée à la surface du plancher est plus que 750 kg/m² : $[336,05 \times 77,54 + 239 \times (23,76 + 22,36) + 890 \times 77,54] / 77,54 = 1368 \text{ kg/m}^2$ (on a négligé la contribution très faible des parois intérieures) ;
- On a considéré 12 heures de fonctionnement (aussi indiqué par la zone climatique A dans le §XI.1.2.2). L'installation fonctionne de 6 h à 18 h ; voir les données du tableau 11.5 (p. 123 du DTR) ;
- On en déduit $N_{PVI(SUD)} = 65\%$ et $N_{PVI(NORD)} = 92\%$ (tableau 11.5, p. 123 du DTR).
- FS est le facteur solaire du vitrage (cf. § XI.2.2) et dépend des caractéristiques du vitrage et sa protection solaire :
 - Les fenêtres Sud du cas d'étude ont une protection solaire (stores verticaux en bois externe) :
 - FS vitrage double clair : 0,85 (Tableau 11.8 p. 126 du DTR) ;
 - FS stores verticaux extérieures en bois : 0,06 (Tableau 11.10 p. 128 du DTR) ;
 - Les fenêtres Nord n'ont pas de protection solaire :
 - FS vitrage double clair : 0,85 (Tableau 11.8 p. 126 du DTR).

TABLEAU 11

APPORTS PAR TRANSMISSION (AVT) ET PAR ENSOLEILLEMENT (AVE) A TRAVERS LES PAROIS VITREES

		Fenêtre SUD 1	Fenêtre SUD 2	Fenêtre NORD 1	Fenêtre NORD 2	Fenêtre NORD 3
Tse - Tb,i	°C	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00
S _{ouv}	m ²	1,68	1,68	1,68	1,68	0,66
K _{été}	W/m ² °C	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
AVT	W	42,34	42,34	42,34	42,34	21,17
		190,51				
SV	m ²	1,32	1,32	1,32	1,32	0,66
SV _{ens}	m ²	1,32	1,32	-	-	-
It	W/m ²	158,23	158,23	41,22	41,22	41,22
Id	W/m ²	41,22	41,22	41,22	41,22	41,22
N _{PVI}		0,65	0,65	0,92	0,92	0,92
FS		0,06	0,06	0,85	0,85	0,85
AVE	W	8,15	8,15	42,55	42,55	21,27
		122,67				
AVT+AVE	W	50,06	50,06	84,46	84,46	42,23
		313,18				

Les apports à travers les parois en contact avec l'extérieur (aériennes dans la RTB) s'établissent à : **AP0(15h) + AV(15h)** = 1264,01 + 313,18 = **1577,19 W** et doivent être comparés avec les apports de référence $A_{réf}$ (W) pour effectuer la vérification de conformité d'été.

Afin d'effectuer la vérification thermique estivale (C-3.4), nous devons calculer les **apports calorifiques de référence** $A_{réf}$ (cf. § VIII.2.2.2, p. 93 du DTR). C'est la somme des apports calorifiques de référence à 15 h en juillet à travers les parois opaques horizontales ($A_{réf,PH}$, § VIII.2.3), les parois verticales ($A_{réf,PV}$, § VIII.2.4) et les parois vitrées ($A_{réf,PVi}$, § VIII.2.5) :

$$AV_{réf}(15h) = A_{réf,PH}(15h) + A_{réf,PV}(15h) + A_{réf,PVi}(15h) \quad (14)$$

La valeur de $A_{réf,PH}$ (équation 8.9) pour la toiture de notre cas d'étude (logement individuel, situé en zone A à une altitude < 500 m) est de **934,46 W**, comme montrée dans le Tableau 12.

TABLEAU 12

APPORTS DE REFERENCE DE PAROIS OPAQUES HORIZONTALES

a	-	0,90	Tableau 8.3, p. 94 du DTR
$\Delta T_{S_{réf,PH}}$	°C	13,39	Tableau 8.4, p. 94 du DTR
S _{int}	m ²	77,54	-
A_{réf,PH} (W)	W	934,46	



La valeur de $A_{réf,pv}$ (équation 8. 11, p. 96) pour les parois vitrées du bâtiment pris en exemple (logement individuel en zone A, à une latitude de $36^{\circ}77'$ et à une altitude < 500 m) est **398,93 W**, comme calculée dans le Tableau 13.

TABLEAU 13

APPORTS DE REFERENCE DE PAROIS OPAQUES VERTICALES					
		Mur N	Mur S	Porte S	Source
c	-	1,2	1,2	1,2	Tableau 8.5, p. 95 du DTR
$\Delta T_{S_{réf,pv}}$ (°C)	°C	4,66	9,01	9,01	Tableau 8.6, p. 95 du DTR (par interpolation)
S_{int} (m ²)	m ²	23,76	22,36	2,24	
$A_{réf,pv}$ (W)	W	108,82	204,63	24,23	
		398,93			

La valeur de $A_{réf,pvi}$ (équation 8.10, p. 94) pour les parois vitrées du bâtiment pris en exemple est égale à la somme des apports par les parois vitrées dus à l'ensoleillement ($AVE_{réf}$ – équation 8.12 à p. 96 du DTR) et dus au gradient de température ($AVT_{réf}$ – équation 8.13 à p. 97 du DTR). Le résultat d' $A_{réf,pvi}$ calculé est **284,26 W** : voir le Tableau 14.

TABLEAU 14

APPORTS DE REFERENCE PAR TRANSMISSION (AVT) ET PAR ENSOLEILLEMENT (AVE) A TRAVERS LES PAROIS VITREES							
		Fen. SUD 1	Fen. SUD 2	Fen. NORD 1	Fen. NORD 2	Fen. NORD 3	
S_{ouv}	m ²	1,68	1,68	1,68	1,68	0,84	
e'	W/m ² °C	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	§ VIII.2.5.2.2.
$\Delta T_{S_{réf,pvi}}$	°C	7,00	7,00	7,00	7,00	7,00	Tableau 8.8 p.97 du DTR
$AVT_{réf}$	W	49,39	49,39	49,39	49,39	24,70	
		222,26					
SV	m ²	1,32	1,32	1,32	1,32	0,66	
SV_{ens}	m ²	1,32	1,32	-	-	-	
It	W/m ²	158,23	158,23	41,22	41,22	41,22	§ IX.1.2.3.
Id	W/m ²	41,22	41,22	41,22	41,22	41,22	§ IX.1.2.3.
$N_{pvi,réf}$		0,68	0,68	0,95	0,95	0,95	Tableau 8.7 p.97 du DTR
$FS_{réf}$		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	§ VIII.2.5.2.1.
$AVE_{réf}$	W	21,30	21,30	7,75	7,75	3,88	
		61,99					
$A_{réf,pvi}$	W	70,70	70,70	57,15	57,15	28,57	
		284,26					

A ce stade, on dispose de toutes les données nécessaires pour faire la vérification de conformité d'été (7), introduite plus haut (équation 8.7 à p. 93 du DTR).

$$APO(15h) + AV(15h) = 1577,19 \text{ W} ; A_{réf} = A_{réf,PH}(15h) + A_{réf,pv}(15h) + A_{réf,pvi}(15h) = 934,46 + 398,93 + 284,26 = 1617,65 \text{ W}$$

$APO(15h) + AV(15h)$ est plus bas que $1,05 \times A_{réf}$ et alors la vérification d'été (7) est passée avec succès !

La puissance de climatisation nécessaire pour un logement est calculée à partir de la détermination des apports totaux en W (cf. § VIII.2.1.3, p. 92 du DTR), somme des apports totaux sensibles (équation 8.5 du DTR) et latents (équation 8.6) :

Puissance de climatisation (W)	$Q_{clim} = ATs + ATI$	(15)
---------------------------------------	--	-------------

$$ATs = C_{\Delta as} \times As + ARENs \quad (16)$$

$$ATI = C_{\Delta al} \times Al + ARENI \quad (17)$$



- $C_{\Delta as}$, $C_{\Delta al}$ sont des coefficients « majorateurs » des gains sensibles et latents (cf. § VIII.2.1.2), respectivement 1,05 et 1,00 (installation sans réseau de conduits d'air, comme les climatiseurs individuels) ;
- ARENs, ARENI (W) représentent les apports sensibles et latents dus à la ventilation des locaux (cf. chapitre XIII).

As (W) et Al (W) représentent respectivement les gains sensibles et les gains latents (cf. § VIII.2.1.1) :

$$As = APO + AV + AIs + AINFs \quad (18)$$

$$Al = AIl + AINFl \quad (19)$$

NOTE. APO et AV ont été déjà calculés (9, 12).
Pour la puissance de climatisation, les apports sont déterminés à 15 h.

Où :

- AIs et AIl (W) représentent les apports internes sensibles et latents (cf. chapitre XII du DTR),
- AINFs et AINFl (W) représentent les apports sensibles et latents dus aux infiltrations d'air (cf. chapitre XIII du DTR).

La formule générale des apports intérieurs (équation 12.1 à p. 130 du DTR) prend en considération les parts sensible et latente de chaque apport j-ème, en les multipliant par les coefficients respectifs de simultanéité CS_j (cf. Tableau 12.1 à p. 130 du DTR) et, seulement pour la partie sensible, par un coefficient d'amortissement $N_{AI,j}$ (cf. § XII.1.4).

$$AI(t) = \sum_j (CS_j \times AIs_j \times N_{AI,j}) + \sum_j (CS_j \times AIl_j) \quad (20)$$

NOTE. La RTB classe les apports internes « ayant pour origine les occupants (cf. § XII.2.1), les machines entraînées par des moteurs électriques (cf. § XII.2.2), les appareils électriques (cf. § XII.2.3), l'éclairage (cf. § XII.2.4), les appareils à gaz (cf. § XII.2.5), les réservoirs (cf. § XII.2.6), l'évaporation libre (cf. § XII.2.7), l'introduction de vapeur vive (cf. § XII.2.8), les tuyauteries (cf. § XII.2.9) et les conduits d'air intérieurs (cf. § XII.2.10) ».

Dans le bâtiment d'étude considéré ici, on tient compte :

- des apports internes dus aux occupants (cf. § XII.2.1) ;
- des apports internes dus aux appareils électriques (cf. § XII.2.3) ;
- des apports internes dus à l'éclairage (cf. § XII.2.4).

Les apports dus aux occupants sont de type I dans la classification du § XII.1.4.1 du DTR. Compte tenu d'une durée d'apport interne supérieure à la durée de fonctionnement de l'installation (fixée à 12 heures), la valeur de $N_{AI}(t)$ est égale à 100%. La RTB précise pour un logement : « si une seule zone thermique est définie, le nombre d'occupants par pièce (OCC/p) à considérer doit être de 2,5 OCC/p pour les quatre premières pièces principales, et de 1 OCC/p par pièce principale supplémentaire ». Cela signifie, dans le bâtiment d'étude, $2,5 \times 4 = 10$ occupants.

Concernant les apports internes dus à l'éclairage (seulement sensibles), l'hypothèse adoptée est des lampes fluorescentes non encastrées. La puissance installée ramenée à la surface utile de plancher se calcule à l'aide du relatif coefficient introduit dans le Tableau 12.10 du DTR. Il s'agit donc d'un apport de type I. L'éclairage n'est pas raccordé à un système d'extraction d'air et fonctionne sur une durée de 10 heures.

Pour calculer les apports internes dus aux appareils électriques, on peut se référer à la liste présentée dans le Tableau 12.6 (p. 137 du DTR). Suivant, les appareils considérés :

TABEAU 15 – APPORTS CALORIFIQUES DUS AUX APPAREILS MENAGERS ET DE RESTAURANTS

	Partie sensible (W)	Partie latente (W)
Four électrique	3.000	610
Plaque chauffant (500 W)	500	280
Réfrigérateur	100	
Machine à laver	3.000	
	6.600	890

Pour un fonctionnement de l'installation de climatisation de 12 heures et des apports des appareils électriques supposés d'une durée de 3 heures, le correspondant coefficient d'amortissement calculé à partir de la méthode décrite dans l'annexe B.7 du DTR est égal à 0,29 (6 heures écoulées depuis le début des apports internes).



TABLEAU 16 - LES COEFFICIENTS POUR 24H ET 12 H DE FONCTIONNEMENT DE L'INSTALLATION ET 3 HEURES D'APPORTS INTERNES (METHODE ILLUSTRÉE DANS L'ANNEXE B-7)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
24h	37	67	71	74	29	26	23	20	19	17	15	14	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
12h	49	78	81	83	37	33	29	25	23	20	17	15												

TABLEAU 17

APPORTS INTERNES

	Partie sensible	Partie latente	Source
OCCUPANTS - Q_{oc}	290 W	365 W	Equation 12.2, 12.3 du DTR
C _{Soc}	0,5	0,5	Tableau 12.1
N _{Al,oc}	1	-	§ XII.1.4.1
n _{oc}	10	10	§ XII.2.1.2
C _{oc}	58	73	Tableau 12.3
ECLAIRAGE - Al_{écl}	260,54 W	-	Equation 12.9 du DTR
W _n	620	-	Tableau 12.10
C _{me}	1,25	-	§ XII.2.4.2
C _{cr}	1	-	§ XII.2.4.2
N _{Al,écl}	0,96	-	Tableau 12.2
C _{Sécl}	0,35	-	Tableau 12.1
APPAREILS ELECTRIQUES - Al_{éle}	957 W	445 W	Equation 12.1
Al _{éle}	6.600	890	Tableau 12.7
C _{s,éle}	0,5	0,5	Tableau 12.1
N _{Al,éle}	0,29	-	Tableau 12.2 (cf. § Annexe B.7)

Les apports dus aux infiltrations AINF et renouvellement de l'air AREN sensibles et latents sont calculés selon les indications du chapitre XIII du DTR, comme suit :

$$ARENs(t) = 0,320 \times Qv_{an} \times (TS_e(t) - TS_{eb,i}) \quad (21)$$

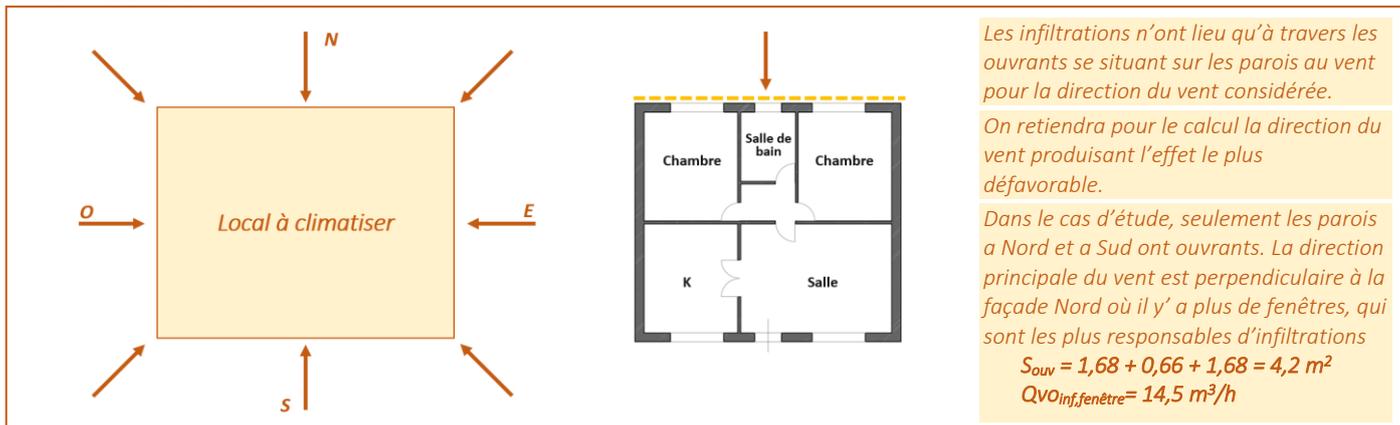
$$AINFs(t) = 0,320 \times Qv_{inf} \times (TS_e(t) - TS_{eb,i}) \quad (22)$$

Où :

- 0,320 (J/m³ °C) représente le produit de la chaleur spécifique de l'air (1004 J/kg°C) par la masse volumique de l'air (1,15 kg/m³) et par un facteur de conversion (1/3600) ;
- Qv_{an} (m³/h) est le débit d'air neuf (§ XIII.2.2.1 du DTR), déjà calculé pour le cas d'étude et égal à 139,58 m³/h.

Qv_{inf} (en m³/h) représente le débit dû aux infiltrations (cf. § XIII.3.) du vent à travers les ouvrants (portes et fenêtres). Le débit d'infiltration correspondant à l'ouvrant i considéré Qv_{inf,i} et à multiplier par la surface de l'ouvrant, est fourni soit par le fabricant, soit par l'Avis Technique du produit ou, en absence, par le Tableau 13.1 du DTR.

FIGURE 6 – CALCUL DES INFILTRATIONS



$$ARENs = 0,320 \times 139,58 \times (34 - 27) = 312,65 \text{ W} \text{ et } AINFs = 0,32 \times (14,5 \times 4,2) \times (34 - 27) = 136,42 \text{ W.}$$



Pour les apports latents, les formules à appliquer sont les suivantes :

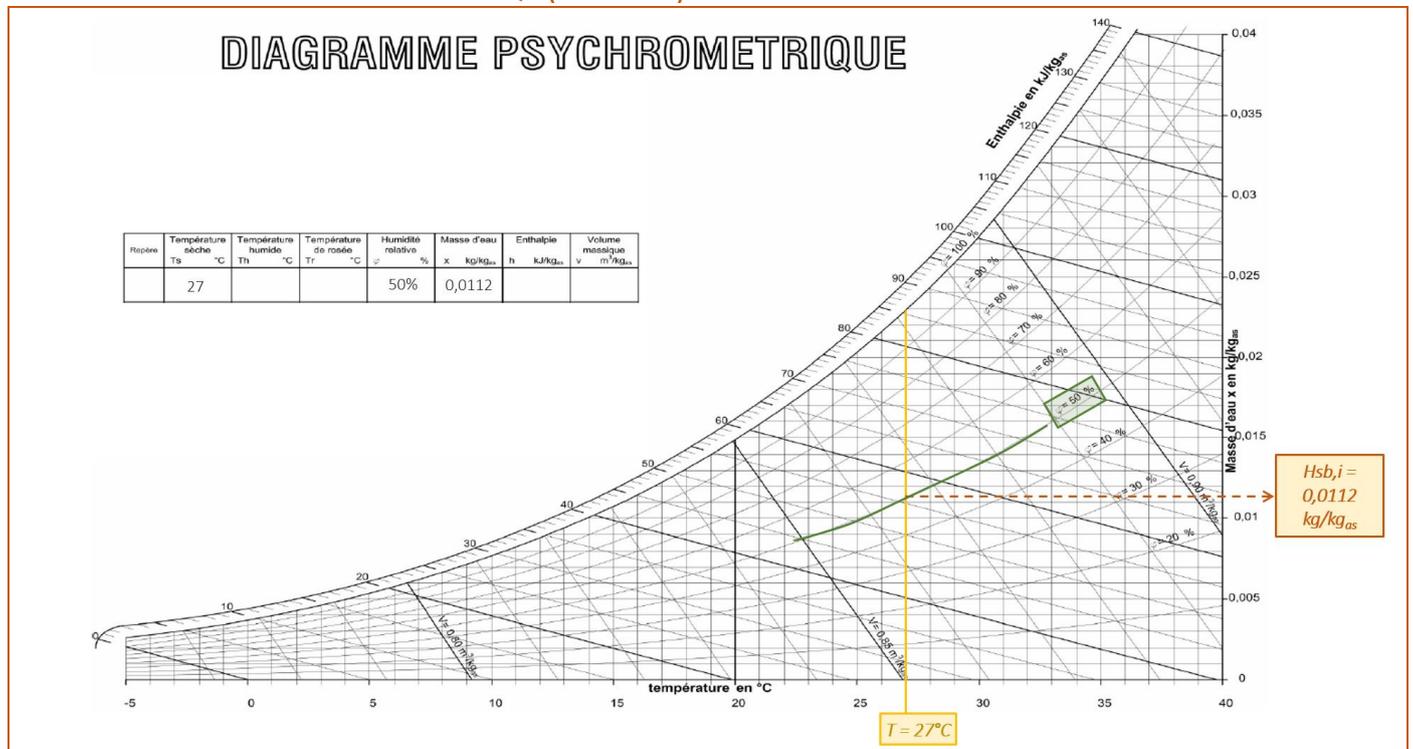
$$ARENs(t) = 0,797 \times Qv_{an} \times \max[(HS_{b,e} - HS_{b,i}), 0] \quad (23)$$

$$AINFs(t) = 0,797 \times Qv_{inf} \times \max[(HS_{b,e} - HS_{b,i}), 0] \quad (24)$$

Où :

- 0,797 (en J kg_{air} /g_{vap} m³_{air}) représente le produit de la masse volumique moyenne de l'air (1,15 kg/m³) par la chaleur de vaporisation de l'eau (2498 J/g) et par un facteur de conversion (1/3600) ;
- HS_{b,e} (en g_{vap}/kg_{as}) représente l'humidité spécifique de base de l'air extérieur (cf. partie III, chapitre IX, tableau 9.1 du DTR). Pour la zone A et une altitude < 500 m, la valeur HS_{b,e} est de : 14,5 g_{vap}/kg_{as}.
- HS_{b,i} (en g_{vap}/kg_{as}) est l'humidité spécifique de base de l'air intérieur. Pour l'obtenir à partir du diagramme psychrométrique (Figure 7), on croise la courbe de l'humidité relative du tableau 9.6 du DTR (50%, niveau de confort normal, séjour de longue durée) avec la température intérieure sèche de base, pour en déduire l'humidité spécifique : 11,2 g_{vap}/kg_{as}.

FIGURE 7 – DIAGRAMME DE L'AIR HUMIDE OU PSYCHROMETRIQUE (SOURCE : RTB)



$$ARENI = 0,797 \times 139,58 \times \max(14,5 - 11,2 ; 0) = 367,10 \text{ W} ; AINFI = 0,797 \times (14,5 \times 4,2) \times \max(14,5 - 11,2 ; 0) = 160,17 \text{ W}.$$

Ace stade de l'étude, on dispose de toutes les données pour calculer la puissance frigorifique :

TABLEAU 18

APPORT SENSIBLES	
APO	1.264,01 W
AV	313,18 W
Al _s	1.507,54 W
AINF _s	136,42 W
As	3.221,15 W
AREN _s	312,65 W
C _{ΔAs}	1,05
AT _s	3.694,86 W

APPORTS LATENTS	
Al _L	810,00 W
AINF _L	160,17 W
Al	970,17 W
AREN _L	367,10 W
C _{ΔAl}	1,00
AT _L	1.337,27 W

La puissance frigorifique est donc : AT_s + AT_L = 5.032 W = 5,0 kW.



1.6 Les cinq propositions de l'Assistance Technique pour une RTB+

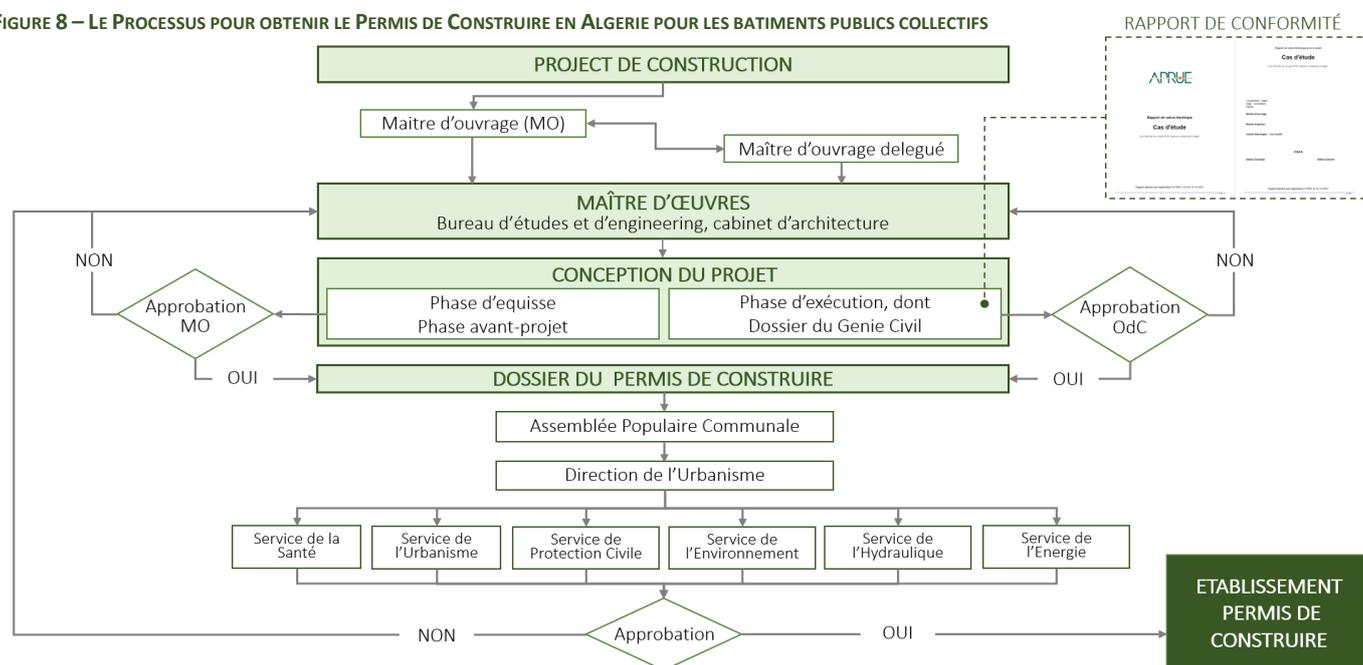
Le Tableau 19 détaille les cinq propositions pour améliorer la RTB actuelle, issues d'une étude approfondie du contexte réglementaire et technique algérien. L'adoption de ces propositions nécessitera la rédaction d'une loi spécifique.

TABLEAU 19

RTB (2016)	RTB+
La conformité thermique est obligatoire pour tous les bâtiments neufs, mais le contrôle de conformité est fait à la demande du Maître d'Ouvrage	La conformité thermique est conditionnée pour l'obtention du permis de construire et obligation de dépôt d'un « Dossier Thermique » en phase de conception
La RTB introduit des exigences de performance thermique hivernale et estivale pour les bâtiments neufs . La vérification de conformité à la réglementation consiste à contrôler le respect de ces exigences.	La vérification de conformité est étendue aux bâtiments existants sujets à une rénovation « majeure » représentant au moins 50% de la surface d'enveloppe totale
Les déperditions thermiques globales des bâtiments sont évaluées et comparées avec les déperditions thermiques globales de référence.	La vérification des exigences des déperditions thermiques « par composant » (garde-fous) est introduite quand il y a la substitution d'un composant d'enveloppe (supérieure à 25% de sa surface)
La conformité de la RTB se limite à l'enveloppe du bâtiment. La RTB n'introduit pas de rendements minimaux pour les systèmes techniques , mais définit comment dimensionner les systèmes de chauffage et climatisation	Une méthodologie simplifiée pour l'estimation de la performance énergétique globale due aux systèmes de chauffage, climatisation et production d'ECS est introduite pour les bâtiments résidentiels
Il n'y a pas de systèmes d'étiquetage énergétique des bâtiments en Algérie	Un système d'étiquetage énergétique des bâtiments résidentiels neufs en Algérie est proposé

La première proposition vise à renforcer la mise en œuvre de la RTB en rendant le **contrôle de conformité thermique obligatoire** pour l'obtention du permis de construire. En effet, dans la procédure pour l'obtention du permis de construire pour les bâtiments publics collectifs (Figure 8), il n'y a pas d'obligation de dépôt d'un « Rapport de conformité thermique » de la part du promoteur (Maître d'Œuvres ou Maître d'Ouvrage Délégué dans les logements sociaux). Le rapport peut être produit avec l'outil en ligne CTBAT (permettant de guider les calculs et d'éviter des calculs manuels fastidieux) ou d'autre manière. La proposition est d'intégrer ce rapport dans le dossier habituel (dont les dossiers du génie civil, architecturale, administratif, etc.) à présenter pour l'approbation par l'Organisme de Contrôle (OdC) en charge. Le processus d'obtention du permis de construire ne s'en trouve pas impacté en termes de délais. Après cette approbation, rien d'autre ne change dans le processus et le dossier est soumis aux autres contrôles nécessaires jusqu'à l'établissement du Permis de Construire. Conditionner l'obtention du permis de construire à la réussite des vérifications de conformité thermique signifie garantir une plus ample mise en œuvre de la RTB et donc assurer, de manière indirecte, que tous les bâtiments neufs sont construits de façon « conforme ».

FIGURE 8 – LE PROCESSUS POUR OBTENIR LE PERMIS DE CONSTRUIRE EN ALGERIE POUR LES BATIMENTS PUBLICS COLLECTIFS





La deuxième proposition consiste à **étendre les exigences thermiques introduites par la RTB aux bâtiments existants qui sont sujets à une rénovation « majeure »** d'au moins 50% de la surface totale de l'enveloppe. Cela signifie que tout bâtiment bénéficiant d'une rénovation majeure doit être traité comme un bâtiment neuf sur le plan de la réglementation thermique. Cette mesure aurait le mérite d'améliorer l'efficacité énergétique du patrimoine existant dégradé de façon graduelle, en partant des bâtiments pour lesquelles une rénovation a été décidée ou jugée nécessaire.

La troisième proposition consiste à **introduire des limites (garde fous) réglementaires sur les composants de l'enveloppe** dans les cas de la

substitution de plus que 25% de leur surface.

A l'heure actuelle, les vérifications thermiques s'effectuent sur la globalité de l'enveloppe : des composants performants peuvent compenser des composants moins performants pourvu que la valeur totale des déperditions soit inférieure 1,05 fois les pertes et les apports thermiques de référence. Selon cette proposition, si un composant de l'enveloppe doit être modifié (par exemple, un toit qui ne garantit plus l'étanchéité) pour plus que 25% de sa surface, il sera nécessaire de le substituer avec un composant avec des requis thermiques minimaux du tableau suivant (reprise du Tableau 2.1 à p. 32 du DTR).

TABLEAU 20

Zones	Logement Individuel					Logement en immeubles collectifs, bureaux, locaux à usage d'hébergement				
	Toit	Plancher	Parois	Porte	Fenêtre	Toit	Plancher	Parois	Porte	Fenêtre
A	0,9	2	1,2	3	3,8	0,9	2	1,2	3	3,8
A1	0,9	2	1,2	3	3,8	0,9	2	1,2	3	3,8
B	0,9	2	1	3	3,8	0,75	2	1	3	3,8
C	0,9	2	1	3	3,8	0,75	2	1	3	3,8
D	0,9	2	1,2	3	3,8	0,9	2	1,2	3	3,8

Pour les fenêtres, on suggère aussi d'introduire une exigence estivale, en termes de facteur solaire (FS), pour lequel il faut garantir – pour les façades est-sud-ouest – une valeur minimale de 0,35. Aussi cette mesure aurait l'objectif d'améliorer l'efficacité énergétique du patrimoine existant de façon graduelle, en partant des composantes d'enveloppe pour lesquelles la substitution a été décidée ou est jugé nécessaire.

La quatrième proposition consiste à **proposer une méthodologie simplifiée pour l'estimation de la performance énergétique globale due aux systèmes de chauffage, climatisation et production d'ECS pour les bâtiments résidentiels**. Il ne s'agit pas d'un calcul détaillé pour quantifier exactement la consommation réelle d'énergie, mais d'une estimation basée sur les caractéristiques de base du logement et de son site d'implantation ainsi que sur les rendements des systèmes techniques utilisés. L'estimation est faite à partir des résultats du dimensionnement des systèmes de chauffage et climatisation introduit dans la RTB. Cette mesure aurait l'objectif d'informer sur les conséquences énergétiques de l'utilisation d'un ensemble des systèmes techniques pour le chauffage, la climatisation et la production d'ECS plutôt que d'autre : en fait, deux logements égaux peuvent avoir consommations énergétiques bien différentes selon les systèmes techniques installés. Cette méthodologie pose la base théorique pour la cinquième proposition.

La cinquième proposition consiste à **introduire un système d'étiquetage énergétique des bâtiments résidentiels neufs en Algérie, appelé « APPE » (Attestation de Performance Énergétique Potentielle)**. L'APPE donne une indication des consommations d'énergie primaire dues au chauffage, à la climatisation et à la production d'ECS en fonction de la zone climatique, des caractéristiques du logement et des solutions techniques à installer. L'approche APPE implique un choix – parmi une gamme de technologies de référence – du système technique du logement, pour lequel des rendements « standards » ont été établis sur la base de la disponibilité sur le marché. La performance énergétique du bâtiment est en fait potentielle car elle dépend du choix volontaire et éclairé des citoyens concernant les systèmes techniques. Cette mesure aurait l'objectif de contribuer à sensibiliser aux enjeux de l'efficacité énergétique et aux économies de gestion qui résulteraient des choix les plus efficaces. L'APPE peut être calculé à travers une feuille de calcul (cAPPE) développé et mise à disposition dans le cadre du projet Taka nadifa (voir § 1.8).

1.7 Exemples illustrant l'intérêt des propositions de la RTB+

Pour montrer comment ces propositions de la RTB+ peuvent changer la situation actuelle et contribuer à l'optimisation thermique des bâtiments, des exemples à travers le bâtiment d'étude déjà décrit, sont proposés et comparés à une pratique de construire « non conforme » à la RTB (par exemple, avec des fenêtres à vitrage simple et des parois opaques non isolés, comme dans le Tableau 21). Ce bâtiment est pris comme point de départ de l'analyse.



Deux situations possibles (rénovation « majeure » et vérification « par composant »), où la RTB+ contribuerait à améliorer la performance thermique du bâtiment « non conforme » après une intervention de restructuration ou d'entretien, sont montrées dans le Tableau 22. La réduction des puissances de chauffage et climatisation se traduiront en des économies d'énergie en fonction des systèmes techniques choisis.

TABLEAU 21 – BATIMENT « NON CONFORME » UTILISEE DANS LES CALCULS

Composantes	K	K _{été}	Description
Toiture	3,15	2,65	Dalle en béton sans isolation
Plancher	2,13	2,70	Dalle en béton
Parois	2,18	2,33	Single paroi en brique creuse
Portes	3,50	3,50	Porte en bois
Fenêtres	5,00	5,00	Single vitrage, cadre en bois

TABLEAU 22

BATIMENT EXISTANT				APRES L'INTERVENTION ET SELON LA RTB+			
cas I - vérification pour rénovations « majeures » (deuxième proposition)							
La rénovation du toit e de la façade – représentant plus que 50% de l'enveloppe du bâtiment – a été décidée ou est nécessaire				Le bâtiment rénové doit passer les vérifications thermiques ; pour ce faire, c'est possible effectuer l'isolation des éléments substitués			
	K	K _{été}	Description		K	K _{été}	Description
Toiture	1,91	1,71	Dalle en béton sans isolation	Toiture	0,57	0,55	+ isolation 5 cm
Parois	1,34	1,39	Single paroi en briques	Parois	0,48	0,49	+ isolation 5 cm
Résultats en termes de performance thermique du bâtiment							
Puissance de chauffage (W)		12,1		5,47		-55%	
Puissance de climatisation (W)		9,9		5,06		-49%	
D _T / D _{ref}		1,68		0,66			
APO + AV / A _{ref}		2,04		1			
cas II - vérification par composant (troisième proposition)							
La toiture est endommagée pour plus que 25% de sa surface ; donc, se rend nécessaire la substitution de la couche d'étanchéité du toit				Une couche d'isolation doit être ajoutée pour rendre le coefficient de déperdition thermique du toit plus bas que 0,9 W/m ² °C			
	K	K _{été}	Description		K	K _{été}	Description
Toiture	1,91	1,71	Dalle en béton arme sans isolation	Toiture	0,57	0,55	+ isolation 5 cm
Résultats en termes de performance thermique du bâtiment							
Puissance de chauffage (W)		12,1		7,5		-38%	
Puissance de climatisation (W)		9,9		5,9		-40%	
D _T / D _{ref}		1,68		0,97			
APO + AV / A _{ref}		2,04		1,49			



Ces mesures ne révolutionnent pas le RTB, mais la prolongent en introduisant la dimension consommation potentielle dans le neuf et augmentent son périmètre d'action en intégrant des mesures aussi pour les rénovations. Cependant, ces améliorations inciteront à d'avantage d'économie d'énergie, sans introduire des contraintes difficiles à appliquer.

Enfin, par souci d'exhaustivité, suivant est reportée l'Attestation de Performance Energétique Potentielle (APPE) du cas d'étude, dont vérifications thermiques et puissances de chauffage et climatisation ont été calculée (§ 1.4, 1.5 de ce guide). Il vaut la peine de souligner que, pour épargner les calculs manuels, l'APRUE (Agence Nationale pour la Promotion et la Rationalisation de l'Utilisation de l'Energie en Algérie) a mise à disposition un outil en ligne, appelé CTBAT (<http://v2.ctbat.net>). Dans le cadre du projet Taka Nadifa, d'un autre côté, un outil par le calcul de l'APPE (nommé cAPPE) a été mis à disposition des futurs utilisateurs. Le calcul de l'APPE parte des valeurs de puissance de chauffage et climatisation, dont calcul a été développé dans ce guide. Les résultats du dimensionnement de ces systèmes techniques est aussi une sortie du CTBAT, comme montré dans la Figure 9.

Outre la saisie des puissances de chauffage et climatisation, l'outil de calcul de l'APPE nécessite des informations générales (surface utile, localisation, ...) du bâtiment, pour lequel l'APPE veut se produire. Le téléchargement de l'outil de calcul de l'APPE (cAPPE) et de son manuel d'utilisation (Livrable L.5.2.4 du projet Taka Nadifa) est disponible en ligne (voir §1.8). Les captures d'écran des pages d'input du cAPPE pour le cas d'étude sont illustrées dans la Figure 10. Parmi des combinaisons possibles des systèmes techniques de chauffage, climatisation et production d'eau chaude sanitaire, l'utilisateur établit un choix pour sortir l'attestation de la performance énergétique potentielle correspondant. L'APPE du logement d'étude est montrée dans les pages 23-24.

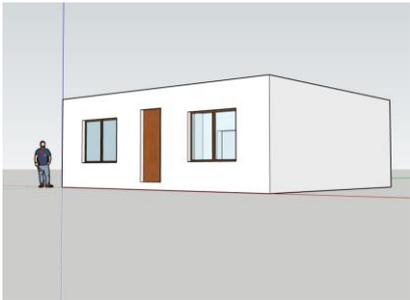
FIGURE 9 – EXTRAITS DU CTBAT RELATIFS AUX VERIFICATIONS DE CONFORMITE THERMIQUE ET AU DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES TECHNIQUES POUR LE CAS D'ETUDE

Vérification réglementaire							
Conformité DTR		Echanges thermiques par transmission					
Enveloppe	$D = \sum DT$	$\sum Dréf$	Vérification C-3.2	$A = \sum APO + \sum AV$	$Aréf = \sum APOréf + \sum AVréf$	Vérification C-3.4	
Cas d'étude	204,09	315,66	0,65 Conforme	1 577,19	1 617,65	0,97 Conforme	

Dimensionnement		
Renouveaulement et infiltration d'air		Dimensionnement
Enveloppe	Puissance de chauffage nécessaire	Puissance de climatisation nécessaire
Cas d'étude	5,4 kW	5,0 kW

FIGURE 10 – EXTRAITS DU cAPPE (PAGES D'INPUT DES DONNEES DU LOGEMENT)

Sélectionner entre des options ou taper les données d'entrée relatives à la localisation du logement pour lequel l'APPE doit être calculé. En gris, les données obtenues à partir des informations saisies ne peuvent pas être modifiées.			Sélectionner entre des options ou taper les données d'entrée relatives au logement pour lequel l'APPE doit être calculé. En gris, les données obtenues à partir des informations saisies ne peuvent pas être modifiées.		
Wilaya	sélectionner	ALGER	Nom du Projet	taper	Villa Guide
Groupe de Communes Hiver	sélectionner	Groupe de communes :	Commune	taper	Alger
Zone d'hiver		A	Adresse	taper	Rue de l'Algerie 123
Text,hiver (°C)		3	Année de Construction	taper	2021
Groupe de Communes Eté	sélectionner	Toutes les communes	Surface utile	taper	77,57 m ²
Zone d'été		A	Volume net climatisé	taper	232,63 m ³
Text,été (°C)		34	Surface d'enveloppe	taper	211,00 m ²
Altitude (m)	taper	40	S_{env}/V		0,91
Tm (°C)		17,8	Typologie	sélectionner	Logement individuel
Degrés-jour de Chauffage		1635	D_r	taper	204,09 W/°C
Jours de Chauffage		231	D_{ref}	taper	315,66 W/°C
Degrés-jour de Climatisation		197	Puissance minimale de chauffage	taper	0,65 kW
Jours de Climatisation		78	$\sum APO + \sum AV$	taper	1577,19 W
Production Photovoltaïque (kWh/kWp a)		1.586	$\sum APO_{ref} + \sum AV_{ref}$	taper	1617,65 W
Production Solaire Thermique (kWh/a par m ² de panneaux)		652	Puissance minimale de climatisation	taper	0,97 kW
			$T_{int,h}$		21 °C
			$T_{int,e}$		27 °C
			Besoin standard de chauffage		11.772,0 kWh a
			Besoin standard unitaire de chauffage		151,8 kWh/m ² a
			Besoin standard de climatisation		3.377,1 kWh a
			Besoin standard unitaire de climatisation		43,5 kWh/m ² a
			Besoin standard pour la production d'ECS		1.124,6 kWh a
			Besoin standard unitaire pour la production d'ECS		14,5 kWh/m ² a

	INFORMATIONS DU BATIMENT			
	Wilaya	ALGER	Zone d'Hiver	A
	Commune	Alger	Zone d'Été	A
	Adresse	Rue de l'Algérie 123	Surface utile	77,57 m ²
	Année	2021	Volume net climatisé	232,63 m ³
Altitude (m)	40 m	Surface d'enveloppe	211 m ²	
Senv/V			0,91	
USAGE	Logement individuel	<input checked="" type="checkbox"/> [X]	Logement en immeuble collectif	<input type="checkbox"/> []

Vérification C3.2/4 d'Hiver				Vérification C3.2/4 d'Été			
Σ DT (W/°C)	Σ Dréf (W/°C)	0,65	Puissance chauffage (kW)	Σ APO + Σ AV (W)	Σ APOréf + Σ AVréf (W)	0,97	Puissance climatisation (kW)
204,09	315,66	Conforme	5,40	1577,19	1617,65	Conforme	5,00

BESOINS ENERGETIQUES « STANDARD » ET POSSIBLES INSTALLATIONS TECHNIQUES

PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE		CHAUFFAGE		CLIMATISATION	
Besoin «standard»	1125 kWh/a	Besoin «standard»	11772 kWh/a	Besoin «standard»	3377 kWh/a
Besoin par m²	14,5 kWh/m2a	Besoin par m²	151,8 kWh/m2a	Besoin par m²	43,5 kWh/m2a

PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE	CHAUFFAGE	CLIMATISATION	RENOUVELABLES
Pompe à chaleur électrique E.1  COP : 2,26 Energie : 16 kWh/m2a	Chauffe-eau à condensation E.2  Rgen : 0,8 Energie : 19 kWh/m2a	Pompe à chaleur électrique H.1  COP : 3,73 Energie : 101,7 kWh/m2a	Pompe à chaleur à gaz H.2  GUE : 1,2 Energie : 132,8 kWh/m2a
Chauffe-eau à gaz standard E.3  Rgen : 0,7 Energie : 21,7 kWh/m2a	Boiler électrique E.4  Rgen : 0,35 Energie : 103,6 kWh/m2a	Chaudière à condensation H.3  Rgen : 0,95 Energie : 167,7 kWh/m2a	Chaudière standard H.4  Rgen : 0,905 Energie : 176,1 kWh/m2a
Pompe à chaleur électrique C.1  EER : 2,5 Energie : 43,5 kWh/m2a	Pompe à chaleur à gaz C.2  GUE : 1,1 Energie : 41,6 kWh/m2a	Radiateur à gaz H.5  Rgen : 0,88 Energie : 181,1 kWh/m2a	Radiateur électrique H.6  COP : 1 Energie : 379,4 kWh/m2a
Photovoltaïque PV  Puissance : 0,013 kWp/m2 Production : 20,4 kWh/m2a	Solaire Thermique ST  Surface: 4,1 m2 Production: 80% ECS	INFORMATIONS COP – Coefficient de performance R _{GEN} – Rendement de génération GUE – Efficacité de l'usage de gaz EER – Rapport d'efficacité énergétique Facteur de conversion en énergie primaire du Gaz Naturel = 1,05 Facteur de conversion en énergie primaire de l'Electricité = 2,5	

1	ECS		Chauffage		Climatisation		A++	A+	A	B	C	D	E
	E1 - Pompe à chaleur électrique		H1 - Pompe à chaleur électrique		C1 - Pompe à chaleur électrique								
	kWh _{el} /m ² a	6,4	kWh _{el} /m ² a	40,7	kWh _{el} /m ² a	17,4							
	Consommation d'Energie Primaire	16,0 kWh/m ² a	Consommation d'Energie Primaire	101,7 kWh/m ² a	Consommation d'Energie Primaire	43,5 kWh/m ² a							<<<
	Solaire Thermique (ST)			Photovoltaïque (PV)									
	Energie Primaire pour l'ECS avec Solaire Thermique (80%)		3,2 kWh/m ² a	Couverture Photovoltaïque en % de kWh _{el}		32%							
	Classification avec PV		Classification avec ST		Classification sans renouvelables								
	Classe énergétique	A++	Classe énergétique	A+	Classe énergétique	A							
	Energie Primaire	110 kWh/m ² a	Energie Primaire	148 kWh/m ² a	Energie Primaire	161 kWh/m ² a							
	Emissions de CO ₂	25 kgCO ₂ /m ² a	Emissions de CO ₂	33 kgCO ₂ /m ² a	Emissions de CO ₂	35 kgCO ₂ /m ² a							

2	ECS		Chauffage		Climatisation		A++	A+	A	B	C	D	E
	E2 - Chauffe-eau à gaz à condensation		H3 - Chaudière à condensation		C1 - Pompe à chaleur électrique								
	kWh _{gn} /m ² a	18,1	kWh _{gn} /m ² a	159,7	kWh _{el} /m ² a	17,4							
	Consommation d'Energie Primaire	19,0 kWh/m ² a	Consommation d'Energie Primaire	167,7 kWh/m ² a	Consommation d'Energie Primaire	43,5 kWh/m ² a							<<<
	Solaire Thermique (ST)			Photovoltaïque (PV)									
	Energie Primaire pour l'ECS avec Solaire Thermique (80%)		3,8 kWh/m ² a	Couverture Photovoltaïque en % de kWh _{el}		>100%							
	Classification avec PV		Classification avec ST		Classification sans renouvelables								
	Classe énergétique	B	Classe énergétique	B	Classe énergétique	B							
	Energie Primaire	215 kWh/m ² a	Energie Primaire	230 kWh/m ² a	Energie Primaire	230 kWh/m ² a							
	Emissions de CO ₂	43 kgCO ₂ /m ² a	Emissions de CO ₂	43 kgCO ₂ /m ² a	Emissions de CO ₂	45 kgCO ₂ /m ² a							

3	ECS		Chauffage		Climatisation		A++	A+	A	B	C	D	E
	E3 - Chauffe-eau à gaz standard		H5 - Radiateur à gaz		C1 - Pompe à chaleur électrique								
	kWh _{gn} /m ² a	20,7	kWh _{gn} /m ² a	172,5	kWh _{el} /m ² a	17,4							
	Consommation d'Energie Primaire	21,7 kWh/m ² a	Consommation d'Energie Primaire	181,1 kWh/m ² a	Consommation d'Energie Primaire	43,5 kWh/m ² a							<<<
	Solaire Thermique (ST)			Photovoltaïque (PV)									
	Energie Primaire pour l'ECS avec Solaire Thermique (80%)		4,3 kWh/m ² a	Couverture Photovoltaïque en % de kWh _{el}		>100%							
	Classification avec PV		Classification avec ST		Classification sans renouvelables								
	Classe énergétique	B	Classe énergétique	B	Classe énergétique	C							
	Energie Primaire	229 kWh/m ² a	Energie Primaire	246 kWh/m ² a	Energie Primaire	246 kWh/m ² a							
	Emissions de CO ₂	45 kgCO ₂ /m ² a	Emissions de CO ₂	45 kgCO ₂ /m ² a	Emissions de CO ₂	49 kgCO ₂ /m ² a							

4	ECS		Chauffage		Climatisation		A++	A+	A	B	C	D	E
	E4 - Boiler électrique		H1 - Pompe à chaleur électrique		C1 - Pompe à chaleur électrique								
	kWh _{el} /m ² a	41,4	kWh _{el} /m ² a	40,7	kWh _{el} /m ² a	17,4							
	Consommation d'Energie Primaire	103,6 kWh/m ² a	Consommation d'Energie Primaire	101,7 kWh/m ² a	Consommation d'Energie Primaire	43,5 kWh/m ² a							<<<
	Solaire Thermique (ST)			Photovoltaïque (PV)									
	Energie Primaire pour l'ECS avec Solaire Thermique (80%)		20,7 kWh/m ² a	Couverture Photovoltaïque en % de kWh _{el}		21%							
	Classification avec PV		Classification avec ST		Classification sans renouvelables								
	Classe énergétique	B	Classe énergétique	B	Classe énergétique	D							
	Energie Primaire	198 kWh/m ² a	Energie Primaire	166 kWh/m ² a	Energie Primaire	249 kWh/m ² a							
	Emissions de CO ₂	44 kgCO ₂ /m ² a	Emissions de CO ₂	37 kgCO ₂ /m ² a	Emissions de CO ₂	55 kgCO ₂ /m ² a							

5	ECS		Chauffage		Climatisation		A++	A+	A	B	C	D	E
	E4 - Boiler électrique		H4 - Chaudière standard		C1 - Pompe à chaleur électrique								
	kWh _{el} /m ² a	41,4	kWh _{gn} /m ² a	167,7	kWh _{el} /m ² a	17,4							
	Consommation d'Energie Primaire	103,6 kWh/m ² a	Consommation d'Energie Primaire	176,1 kWh/m ² a	Consommation d'Energie Primaire	43,5 kWh/m ² a							<<<
	Solaire Thermique (ST)			Photovoltaïque (PV)									
	Energie Primaire pour l'ECS avec Solaire Thermique (80%)		20,7 kWh/m ² a	Couverture Photovoltaïque en % de kWh _{el}		35%							
	Classification avec PV		Classification avec ST		Classification sans renouvelables								
	Classe énergétique	D	Classe énergétique	C	Classe énergétique	E							
	Energie Primaire	272 kWh/m ² a	Energie Primaire	240 kWh/m ² a	Energie Primaire	323 kWh/m ² a							
	Emissions de CO ₂	57 kgCO ₂ /m ² a	Emissions de CO ₂	48 kgCO ₂ /m ² a	Emissions de CO ₂	66 kgCO ₂ /m ² a							



La deuxième page de l'APPE montre les résultats en termes de consommation d'énergie primaire du logement considéré et les classes respectives de mérite énergétique, de 5 possibles combinaisons d'installations techniques pour le chauffage, la climatisation et l'ECS, choisies parmi les options de la première page de l'APPE (dont les rendements sont décrits en détail dans le Tableau 23). Comme se voit, les rendements de quelques systèmes peuvent changer selon la zone climatique.

TABLEAU 23

Rendements de génération - CHAUFFAGE			A	A1	B	C	D
H1 - Pompe à chaleur électrique	COP	-	3,73	3,87	3,87	3,40	4,02
H2 - Pompe à chaleur à méthane	GUE	1,2	-	-	-	-	-
H3 - Chaudière à condensation à méthane	η_{gen}	0,95	-	-	-	-	-
H4 - Chaudière standard à méthane	η_{gen}	0,905	-	-	-	-	-
H5 - Radiateur à gaz	η_{gen}	0,88					
H6 - Radiateur électrique	COP	1					

Rendements de génération - CLIMATISATION		
C1 - Pompe à chaleur électrique	EER	2,5
C2 - Pompe à chaleur à méthane	GUE	1,1

Rendements de génération - ECS			A	A1	B	C	D
E1 - Pompe à chaleur électrique	COP	2,5	2,26	2,39	2,51	2,16	2,51
E2 - Chaudière à condensation à méthane	η_{gen}	0,8	-	-	-	-	-
E3 - Chaudière standard à méthane	η_{gen}	0,7	-	-	-	-	-
E4 - Boiler électrique	COP	0,35	-	-	-	-	-

Selon les combinaisons des systèmes techniques choisies, au même logement peut être attribuée la classe A++ ou E.

Ce calcul se base sur les valeurs de puissance de chauffage et de climatisation minimales nécessaires à garantir le confort thermique dans le logement toute l'année. Des solutions avec des puissances inférieures aux valeurs minimales et donc incapables de garantir le confort thermique dans tout le logement ne sont pas considérées (par exemple, un poêle mobile utilisé pour fournir de la chaleur seulement dans un local de l'habitation). Le calcul estime les besoins énergétiques « standards » que les installations techniques doivent satisfaire, à partir de cette hypothèse et des caractéristiques climatiques du lieu où le logement/bâtiment est situé. Le calcul a été conçu pour être très simplement développé à partir des résultats du dimensionnement de chauffage et climatisation, obtenus, par exemple, par le biais du CTBAT. La consommation « standard » de chauffage est estimée sans prendre en compte les apports solaires, ni les apports intérieurs. Cela implique une surestimation par rapport à la consommation réelle – dont prévision n'est pas le but de l'APPE – mais est utile à comparer qualitativement des solutions et combinaisons différentes afin d'orienter le public vers la plus grande efficacité énergétique.

1.8 Documents et liens utiles

Le Guide en format digital ainsi que des documents utiles au calcul et à l'approfondissement des arguments du Guide sont disponibles en ligne sur le site web de l'APRUE au lien : <http://www.aprue.org.dz/index.php/communication/publication>

- 1) DTR THERMIQUE C3.2/4 2016 (.pdf)
- 2) cAPPE - Outil de calcul de l'APPE (.xls)
- 3) Le Manuel du cAPPE - Rapport lié au livrable 5.2.4 (.pdf)

SITES WEB

- <http://www.takanadifa.com>
- <http://www.mhuv.gov.dz>
- <http://www.energy.gov.dz>
- <http://www.ons.dz>
- <http://www.cnerib.edu.dz>
- <http://www.aprue.org.dz>
- <http://www.ctc-dz.org>
- <http://www.cder.dz>
- <http://v2.ctbat.net>
- <https://reta.cder.dz/>

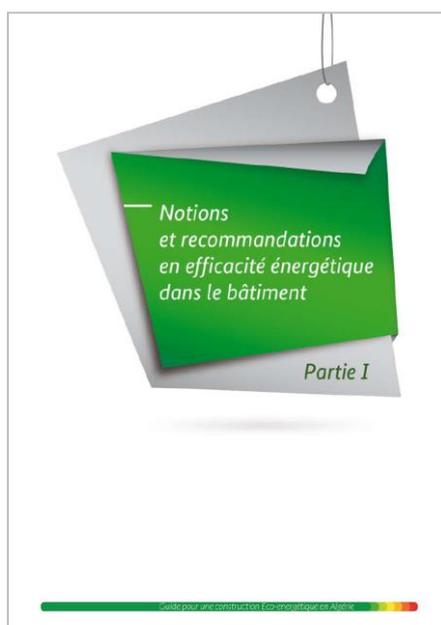
REFERENCES NORMATIVES

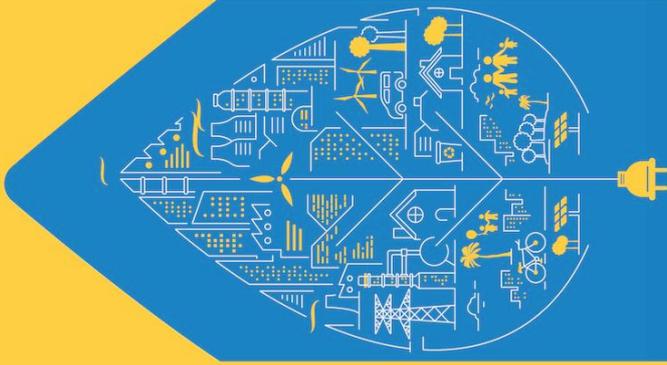
- CNERIB (2016). *Document Technique Réglementaire, Réglementation Thermique du Bâtiment C3.2/4.*
- APRUE (2019). *Recueil de textes législatifs et réglementaires sur la maîtrise de l'énergie.* Disponible au lien : http://www.aprue.org.dz/files/pdf/lois/recueil_textes_l%C3%A9gislatifs.pdf

DOCUMENTATION DU PROJET

- Programme Taka Nadifa, Contrat n° Europe Aid/138560/DH/SER/DZ, *Rapport lié au livrable 5.1.1* - Juin 2020
- Programme Taka Nadifa, Contrat n° Europe Aid/138560/DH/SER/DZ, *Rapport lié au livrable 5.2.2* - Mars 2021
- Programme Taka Nadifa, Contrat n° Europe Aid/138560/DH/SER/DZ, *Rapport lié au livrable 5.2.3* - Janvier 2021
- Programme Taka Nadifa, Contrat n° Europe Aid/138560/DH/SER/DZ, *Rapport lié au livrable 5.2.4* - Septembre 2021

Pour approfondir autres thématiques liés à la conception durable des bâtiments avec beaucoup des suggestions pour une bonne conception et gestion des bâtiments pour l'efficacité énergétique, on suggère de se référer à la publication : APRUE, Giz (2016) « *Guide pour une construction eco-énergétique en Algérie* », disponible en ligne.





برنامج دعم قطاع الطاقات المتجددة، خاصة
الكهربائية، وكفاءة الطاقة في الجزائر

Programme d'appui au secteur des énergies
renouvelables, principalement électriques, et de
l'efficacité énergétique en Algérie



برنامج ممول من طرف الجزائر و الإتحاد الأوروبي
Programme cofinancé par l'Algérie et l'Union européenne

