






LOGEMENT A ÉNERGIE POSITIVE (LEP)

Logement et tertiaire

PARTIE I

RÈGLEMENT THERMIQUE DE CONSTRUCTION AU MAROC ET OUTILS INFORMATIQUES DE MISE EN ŒUVRE



Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017






Accueil

PRÉSENTATION DU FORMATEUR ET DES PARTICIPANTS - VOS ATTENTES ?

OBJECTIFS ET LIMITES DU MODULE 1

- Concevoir un bâtiment performant à un coût maîtrisé
- Connaître et respecter la RTCM
- Ce que la formation n'abordera pas

ORGANISATION

- Horaires, supports, état d'esprit

Apporter une clé USB pour la remise des fichiers et contenus

Organisateur :  Cluster EMC

Formateur : ahachad_med@yahoo.fr

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

3

Plan du module de formation

- I. CONTEXTE DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE
- II. ANALYSE DU SITE
- III. CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DU BÂTIMENT
- IV. PRINCIPES DE LA THERMIQUE DU BÂTIMENT
- V. LE RTCM
- VI. IDENTIFICATION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES
- VII. CHAUFFAGE ET CLIMATISATION
- VIII. ETUDE DE CAS: MAÎTRISER ET CONTRÔLER LA MISE EN ŒUVRE DU RTCM ET PRISE EN MAIN DES LOGICIELS BINAYATE PRESCRIPTIVE, BINAYATE 3D ET BINAYATE PERFORMANTIELLE

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

4

Contexte de l'efficacité énergétique des bâtiments



LES ENJEUX DE L'ÉNERGIE S'INSCRIVENT DANS UN CONTEXTE D'ACCÉLÉRATION POUR NE PAS DIRE D'URGENCE

→ LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ([VIDÉO](#))

Remontée du niveau de la mer, désertification, perte de biodiversité

→ L'ÉPUISEMENT DES RÉSERVES EN ÉNERGIES FOSSILES



Le Maroc importe **96,6%** de son énergie

Soit un coût annuel pour le pays de **89,8 Milliards de DH/an**

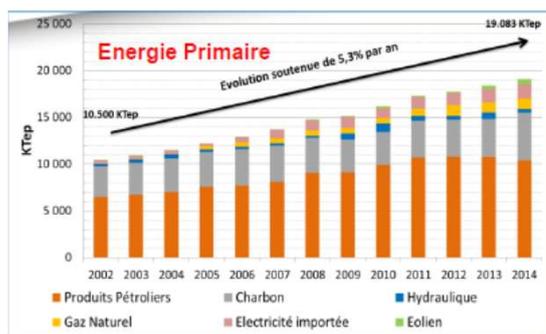
2011

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

5

! Pourquoi le Règlement Thermique des Constructions au Maroc ?



Développement économique du Maroc tiré par des stratégies sectorielles structurées



Besoin croissant en énergie

-Energie primaire : 5,3%

-Electricité : 7 %

-Produits pétroliers : 5%



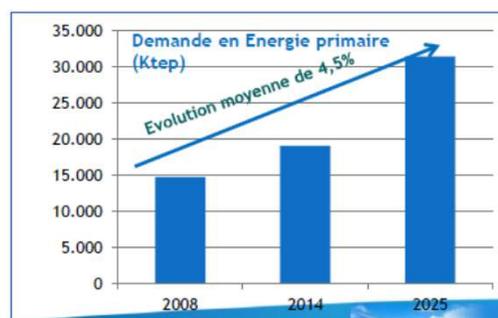
Opportunités d'investissement dans de nouvelles infrastructures relatives aux différentes filières énergétiques.

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

6

Evolution de la demande en Energie

- **Satisfaction de la demande électrique qui suit un rythme de croissance soutenu (la demande électrique sera augmentée de 70% entre 2008 et 2025);**
- **garantir l'adéquation offre-demande énergétique (la demande en énergie va doubler entre 2008 et 2025);**
- **Interaction rationnelle du Maroc avec les mutations profondes que connaît le secteur énergétique à l'échelle régionale et internationale (ER&EE, interconnexion).**



7

Les Défis du secteur de l'Energie au Maroc

- Forte dépendance des énergies fossiles avec importation de 96% des besoins.
- Les coûts d'accès contraignants en raison du poids de la compensation des produits pétroliers assurée par l'Etat (plus de 4 Milliards d'Euros en 2012), du poids de la facture énergétique, près de 9,5 Milliards d'Euros en 2012,

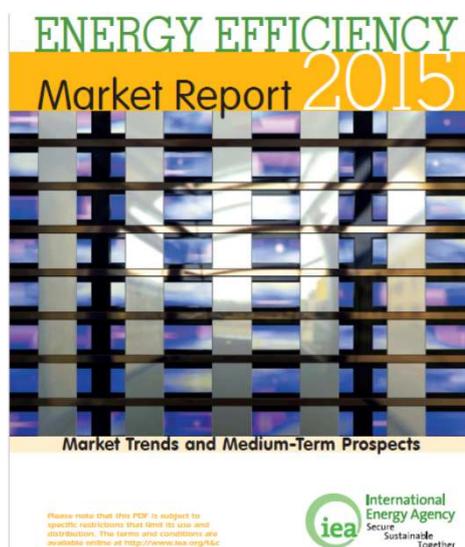
Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

8

 Règlement Thermique et Logement à Energie Positive : Quelle relation ? 

Contexte globale de l'EE



Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

Contexte globale de l'EE

Faits marquants du *Rapport sur le marché de l'Efficacité Énergétique* cas des états membres de l'AIE

Croissance de l'efficacité énergétique ➡ **augmentation de la sécurité énergétique:**

2014 : au moins 190 Mtep (7 790 [PJ]) d'importations d'énergie primaire ont été évitées

↳ économie de 80 milliards de dollars sur la facture énergétique.

Les améliorations d'efficacité énergétique ont permis d'éviter un total d'émissions cumulées de 10,2 milliards de tonnes de CO₂ (sur 25 ans) rendant plus envisageable l'objectif de limitation du réchauffement climatique à deux degrés.

La consommation d'électricité s'est stabilisée, en partie grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique: économie de 2 200 térawatts-heure (TWh) en 2014.

SOURCE:  International Energy Agency
Secure Sustainable Together

13

Contexte globale de l'EE

En tant que source « zéro carbone », l'efficacité énergétique réduit les incidences sur le climat

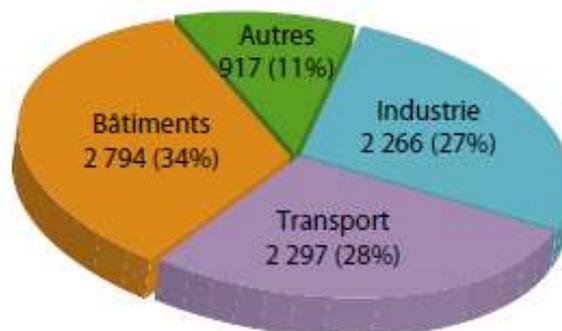
Les améliorations réalisées dans les pays de l'AIE en matière d'efficacité énergétique ont permis d'éviter l'émission de 870 Mt de CO₂ en 2014, et de 10,2 Gt de CO₂ entre 1990 et 2014 ; le total cumulé est presque équivalent à une année d'émissions du secteur énergétique de l'ensemble des pays de l'AIE.

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

SOURCE:  International Energy Agency
Secure Sustainable Together

14

Consommation d'énergie finale du secteur du bâtiment dans le monde e 2007



Source : AIE, 2008.

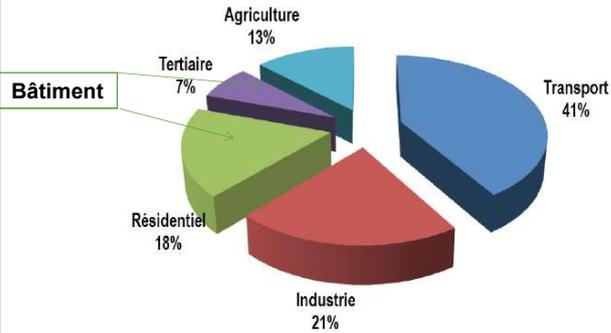
LE SECTEUR DES BÂTIMENTS: DES ENJEUX ÉNERGÉTIQUES MONDIAUX ET RÉGIONAUX IMPORTANTS

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

15

Répartition de la consommation énergétique

Structure de la consommation par secteur



L'IMPORTANT DU SECTEUR DU BÂTIMENT

qui représente **25 %** de la consommation totale d'énergie du pays

LES ENGAGEMENTS DU MAROC

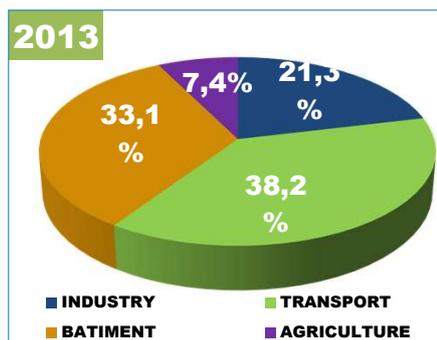
- convention de rio, protocole de Kyoto
- réduction des émissions de co2

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

16

Répartition de la consommation énergétique



L'IMPORTANT DU SECTEUR DU BÂTIMENT

qui représente **33 %** de la consommation totale d'énergie du pays

LES ENGAGEMENTS DU MAROC

- convention de Rio
- protocole de Kyoto
- COP21
- COP22

CONSOMMATION FINALE TOTALE: 14.556 KTEP

Bâtiment: 4800 KTEP

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

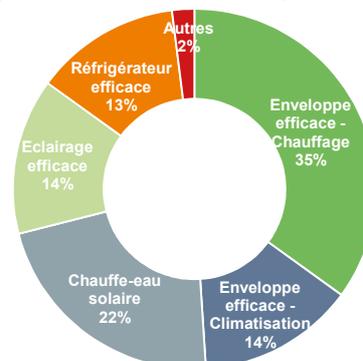
Les gisements d'économie d'énergie

OÙ SONT LES GISEMENTS D'ÉCONOMIE D'ÉNERGIE DANS LE BÂTIMENT?

- Améliorer l'enveloppe afin de réduire les consommations de chauffage
- Améliorer l'enveloppe afin de réduire les consommations de climatisation
- Recourir aux énergies renouvelables, notamment le solaire thermique

Potentiel total : -40% sur le bâtiment

Potentiel d'efficacité énergétique du bâtiment dans la région de la Méditerranée du sud sur la période 2010-2030



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

Des démarches à l'échelle nationale



Politique énergétique du Gouvernement Marocain:
atteindre environ 12% d'économie d'énergie primaire à
l'horizon 2020 et de 15% à l'horizon 2030



Mise en place d'un plan d'efficacité énergétique
dans différents secteurs économiques

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

Des démarches à l'échelle nationale

LOI CADRE SUR LES ENERGIES RENOUVELABLES (N° 13-09)

- Toute personne physique ou morale sera autorisée à produire de l'énergie à partir des énergies renouvelables
- Installation libre jusqu'à 20 kW el et 8 MW th: déclaration et autorisation
- Droit de l'accès au réseau THT, HT, MT
- Option de l'exportation
- Commercialisation de l'électricité à travers l'ONE vers un consommateur ou un groupement des consommateurs

LOI CADRE SUR L'EFFICACITE ENERGETIQUE (N° 47-09)

- Performance énergétique: Code Energétique Bâtiment, Etiquetage Electro ménager, Transport, Collectivités Locales
- Etude d'impact énergétique: grands projets d'aménagement
- Audit énergétique obligatoire: à partir d'un seuil de consommation
- Contrôle technique, constatation des infractions et des sanctions

OBJECTIFS NATIONAUX:

- ➔ Réduction des consommations nationales de 12% d'ici à 2020.
- ➔ Production d'énergie renouvelable : 42% de la puissance installée

Qu'est ce qu'un bâtiment performant ?

ISOLATION



% DE SURFACES
VITRÉES selon les
ORIENTATIONS

FENÊTRES PERFORMANTES

ETANCHÉITÉ À L'AIR

INERTIE

MAINTENABILITÉ

COÛT MAÎTRISÉ

QUALITÉ SANITAIRE
ET CONFORT

VENTILATION

SYSTÈMES PERFORMANTS

LUMINOSITÉ

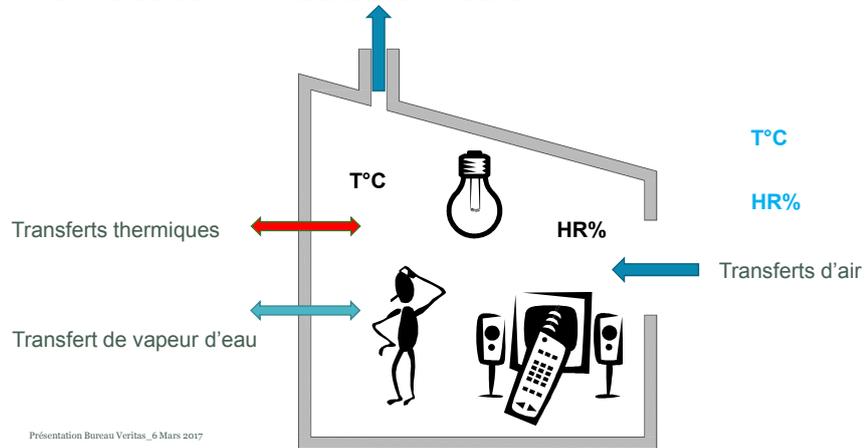
ENERGIES RENOUVELABLES

DURABILITE DANS LE TEMPS



L'enveloppe d'un bâtiment

DÉFINISSEZ L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT ET POURQUOI ELLE EST IMPORTANTE AU REGARD DE L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE ET DU CONFORT



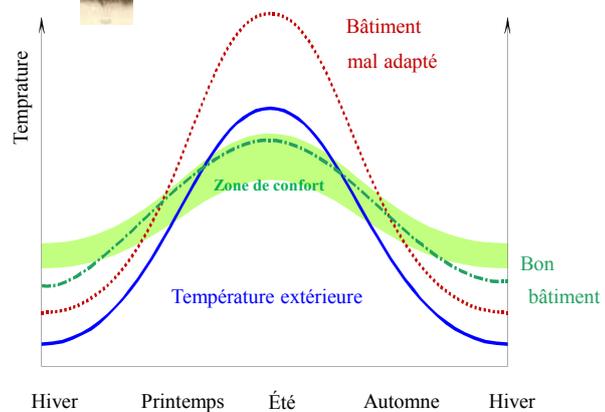
Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

Une enveloppe pour le confort

Houses are built to live in and not to look on



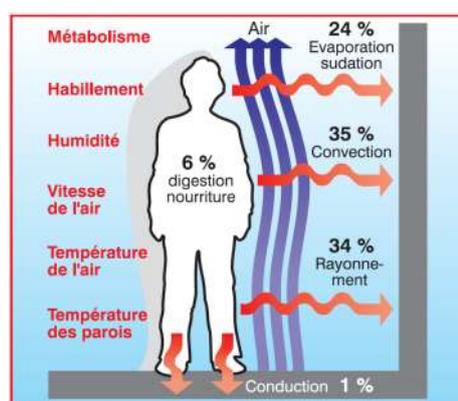
Francis Bacon, Essays, (1601)



Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017



Une enveloppe pour le confort



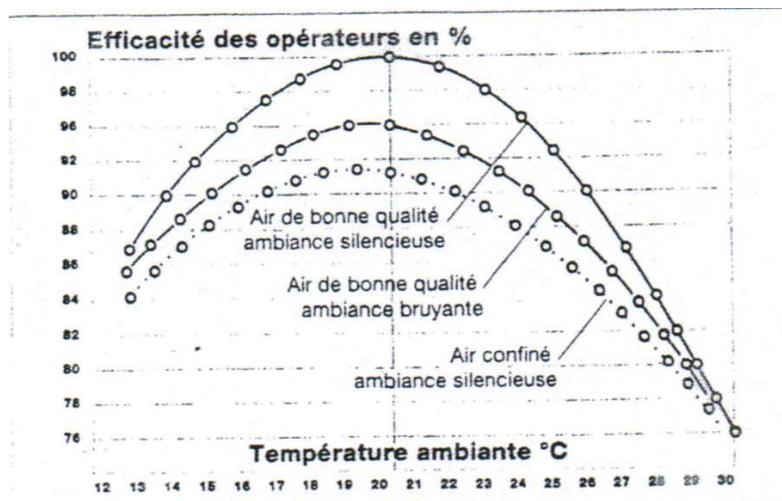
LE CONFORT HYGROTHERMIQUE DÉPEND DE NOMBREUX PARAMÈTRES.

Le corps humain échange en permanence de l'énergie avec son milieu ambiant via divers modes.

Mais il n'y a pas que le confort hygrothermique :

- Acoustique
- Visuel
- Olfactif
- Qualité sanitaire

25



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

26

LE CONFORT THERMIQUE

DÉFINITIONS

- ❖ ABSENCE D'INCONFORTS (FANGER)
- ❖ SENSATION DE BIEN ÊTRE PHYSIQUE ET MENTAL (EUROPEAN PASSIVE SOLAR HANDBOOK)
- ❖ CONDITIONS POUR LESQUELLES LES MÉCANISMES D'AUTORÉGULATION DU CORPS SONT À UN NIVEAU MINIMUM D'ACTIVITÉ (GIVONI)

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

27

Norme EN ISO 7730

il y a situation de confort si deux conditions sont satisfaites :

- ① Le bilan thermique de l'individu est équilibré sans que ne soit trop sollicités ses mécanismes autorégulateurs
- ② Il n'existe pas d'inconforts locaux dus :
 - à la sensation de courant d'air
 - à l'asymétrie du rayonnement
 - au gradient vertical de température
 - à la température du sol

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

28

Norme EN ISO 7730

Pour des températures DB normales (entre 20 et 25)



Sensation de confort pour HR = 40 – 60%

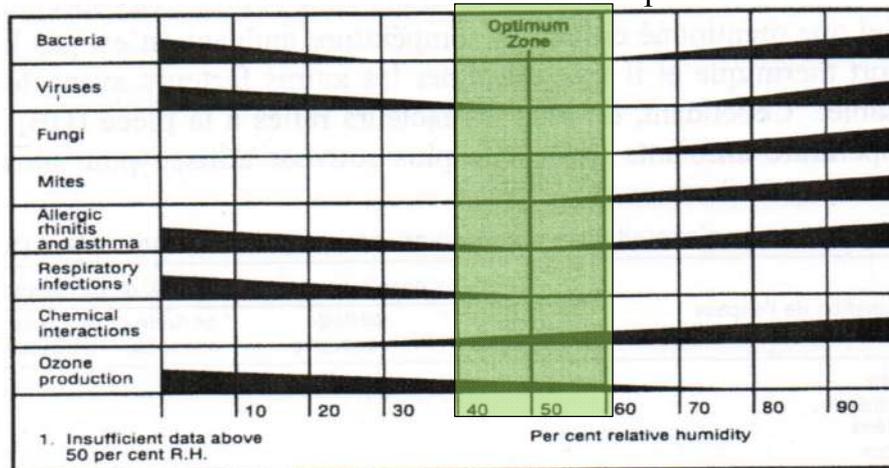
Au-delà du confort thermique, le contenu en vapeur d'eau a une incidence direct sur la prolifération de bactéries, mites, etc.

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

29

Niveau d'humidité relative à maintenir pour la santé



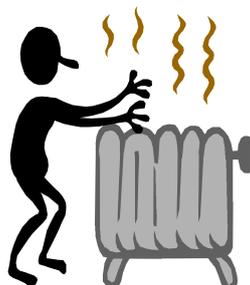
F.M. Sterling. Criteria for Human Exposure to Humidity in Occupied Building, 1985 ASHRAE
Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

30

VITESSE DE L'AIR

On s'entend généralement pour dire que des vitesses inférieures à 0.25m/s sur l'ensemble du corps n'affecte pas le confort thermique dans des situations normales.

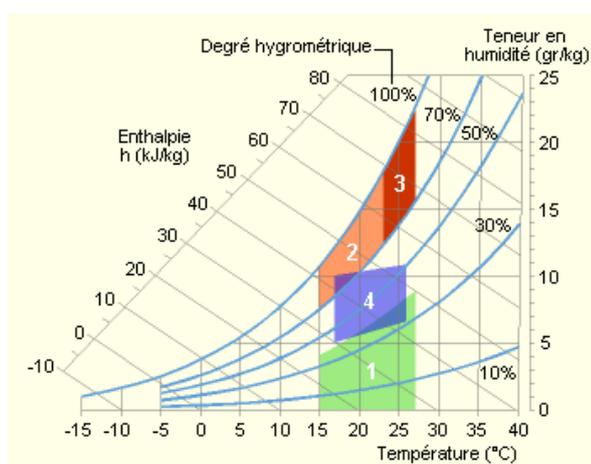


Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Confort lié à une répartition de température et de flux de chaleur agréables.

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Une enveloppe pour le confort



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

1. Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
2. et 3 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.
3. Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
4. Polygone de confort hydrothermique.

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

Le confort au regard des différents usages

RÉSIDENTIEL

- Maison individuelle
- Logements collectifs
- Villa ...



TERTIAIRE

- Bureaux
- Bâtiments administratifs
- Établissement de santé
- Établissement d'enseignement



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

33

Besoins des occupants du secteur résidentiel



EN MATIÈRE DE CONSOMMATIONS :

- Des besoins de climatisation et chauffage
- Des besoins d'eau chaude sanitaire importants

EN MATIÈRE DE CONFORT :

- Une problématique de confort d'hiver et d'été
- Peu de dissipations internes de chaleur

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

34

Besoins des occupants des bâtiments de bureaux



EN MATIÈRE DE CONSOMMATIONS :

- Des besoins de climatisation prépondérants
- Des consommations d'éclairage importantes
- Des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire moindres

EN MATIÈRE DE CONFORT :

- Beaucoup de dissipations internes de chaleur
- Des surfaces vitrées importantes

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

Les spécificités du climat marocain

LE MAROC EST UN PAYS DE LA ZONE SUBTROPICALE DU NORD-OUEST AFRICAINE, LE CLIMAT EST TRÈS DIFFÉRENT SELON LES RÉGIONS.

- Les zones littorales bénéficient d'un climat tempéré (méditerranéen)
- Les zones sud et est du pays bénéficient d'un climat désertique
- De manière générale, le climat marocain comporte beaucoup de nuances : méditerranéen au nord, océanique à l'ouest, continental à l'intérieur des terres et saharien au sud. Le climat varie aussi en fonction des saisons

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Les spécificités du climat marocain



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

37

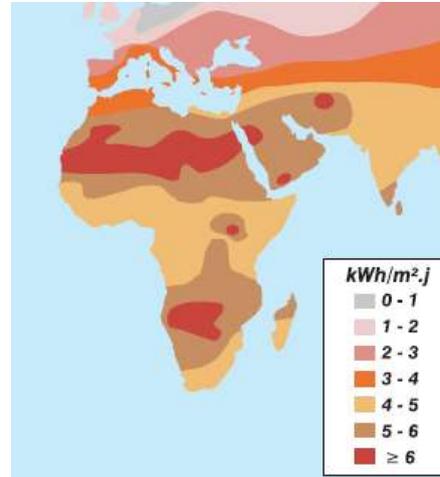
Les spécificités du climat marocain

LE RAYONNEMENT SOLAIRE

Le rayonnement solaire varie entre 3 et 6 kWh/m².J.

C'est un atout pour la réduction des consommations (chauffage, eau chaude sanitaire solaire, photovoltaïque).

Cela signifie aussi qu'il est impératif de protéger les bâtiments des surchauffes.



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

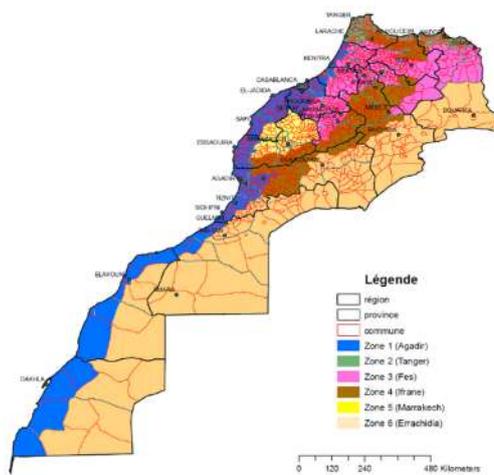
38

Le zonage climatique



Le Maroc est divisé en 6 zones climatiques

A chacune de ses zones sont associées des exigences sur l'isolation des parois ou sur la consommation globale



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017
Source : Les éléments techniques du projet de la réglementation thermique du bâtiment au Maroc - 2011

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

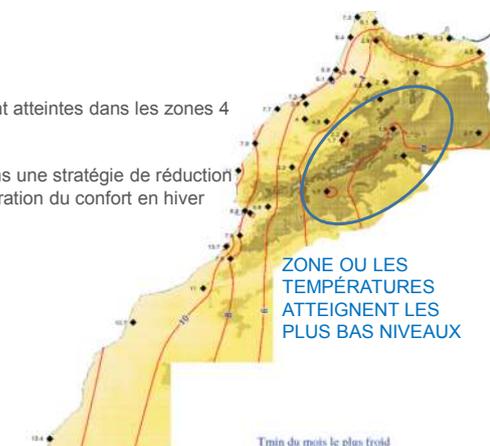
39

Le zonage climatique



Les températures les plus basses sont atteintes dans les zones 4 (Ifrane) et 6 (Errachida).

Ces zones sont donc à envisager dans une stratégie de réduction des besoins de chauffage et d'amélioration du confort en hiver



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Les éléments techniques du projet de la réglementation thermique du bâtiment au Maroc - 2011

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

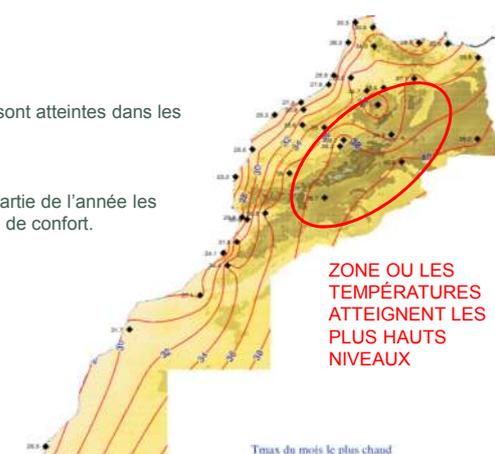
40

Le zonage climatique



Les températures les plus extrêmes sont atteintes dans les zones 4 (Ifrane) et 6 (Errachida).

Dans les autres zones, une grande partie de l'année les températures se situent dans la zone de confort.



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Les éléments techniques du projet de la réglementation thermique du bâtiment au Maroc - 2011

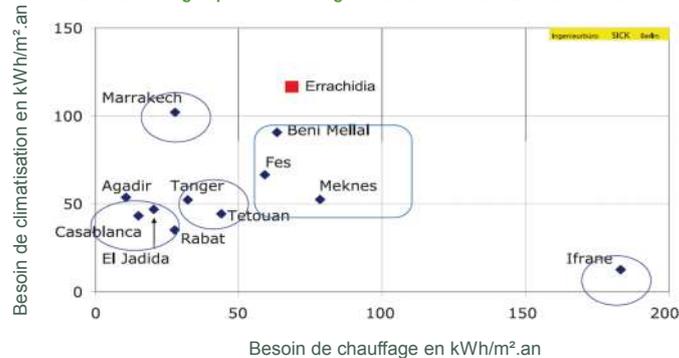
Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

41

Les spécificités du climat marocain



Besoins énergétiques de chauffage et climatisation de 12 localités au Maroc



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Les éléments techniques du projet de la réglementation thermique du bâtiment au Maroc - 2011

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

42

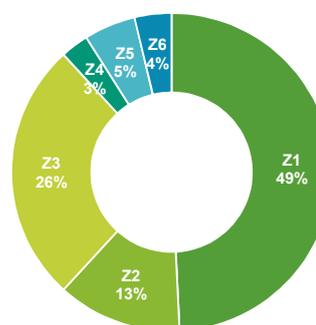
Parc bâti et zones climatiques



Répartition du parc de logements selon les zones climatiques

Les zones climatiques ne sont pas égales du point de vue des températures qu'elles affrontent.

Mais elles sont également inégales du point de vue du parc de logements qu'elles concentrent sur leur territoire.



Source : Étude sur l'état des lieux, typologie & évolution du parc bâti au Maroc dans l'optique de la mise en application du code d'efficacité énergétique – Rapport de synthèse générale – BET AREA – 21/11/2012

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

43

Exercice : prendre en compte l'environnement immédiat

Un bâtiment n'est pas seul dans son environnement. Un certain nombre de paramètres influencent sa conception.

Sur l'énoncé, figure l'implantation d'un projet de bâtiment. L'une des premières étapes de sa conception consiste alors à établir ce que l'on nomme une « carte de site ».

L'exercice consiste à recenser l'ensemble des facteurs de l'environnement impactant le bâtiment et à les représenter schématiquement sur la feuille distribuée.

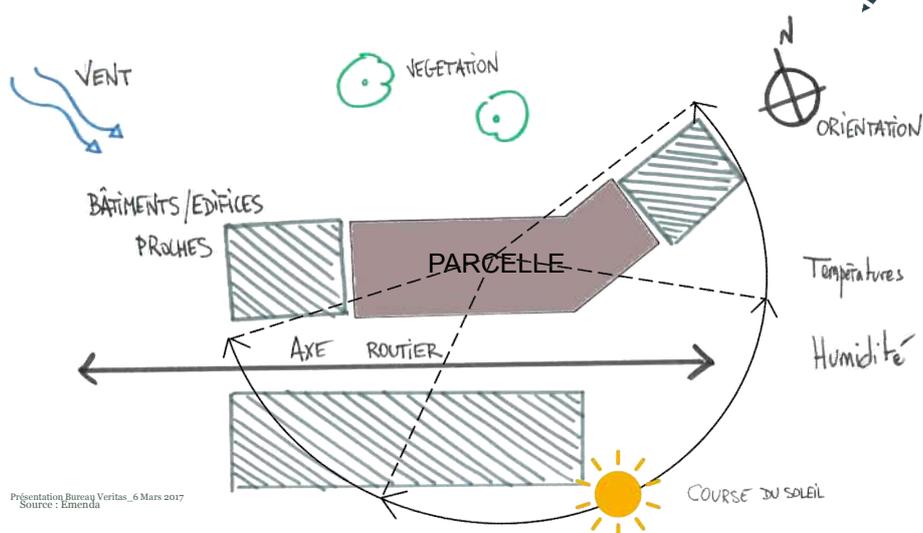
[LIEN VERS L'ÉNONCÉ DE L'EXERCICE](#)

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

44

Exercice : prendre en compte l'environnement immédiat

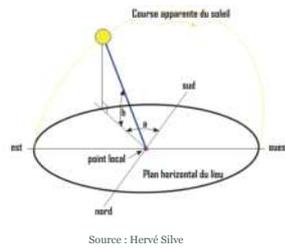


Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017
Source : Emenda

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

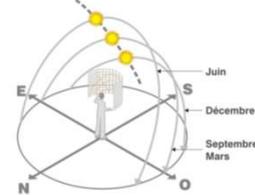
45

La course du soleil

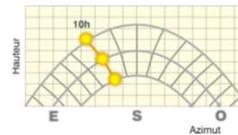


Source : Hervé Silve

La position du soleil est repérée par sa hauteur h et son azimut a .



Le diagramme solaire cylindrique correspond à l'observation de la trajectoire apparente du soleil sur un cylindre vertical quadrillé, repéré par sa hauteur et son azimut.

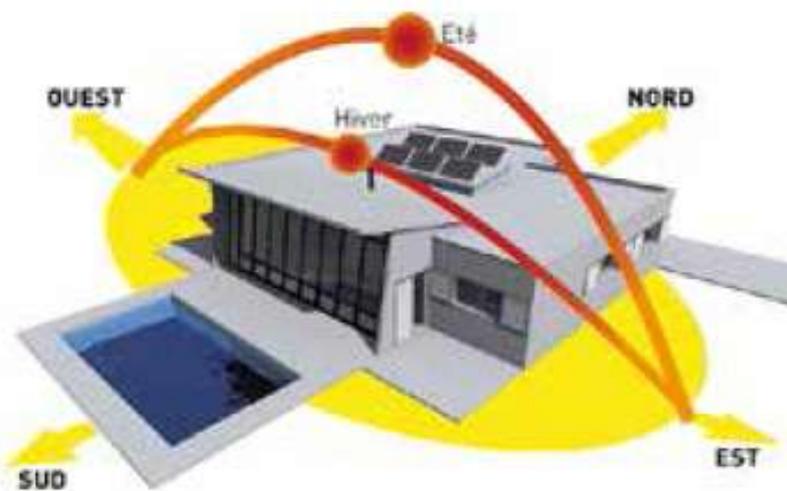


Source : Energypylus

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

46

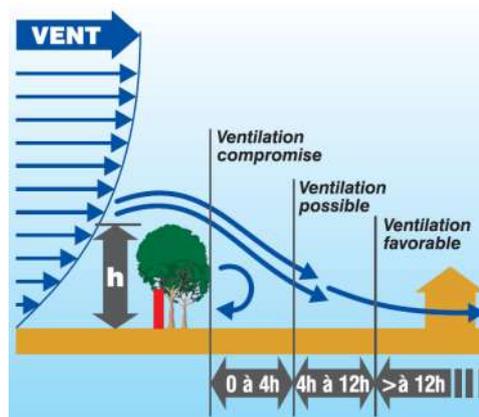


Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Prise en compte du vent

La végétation et les obstacles modifient le comportement du vent.



Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique - A. Liebard A. De Herde - 2005

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

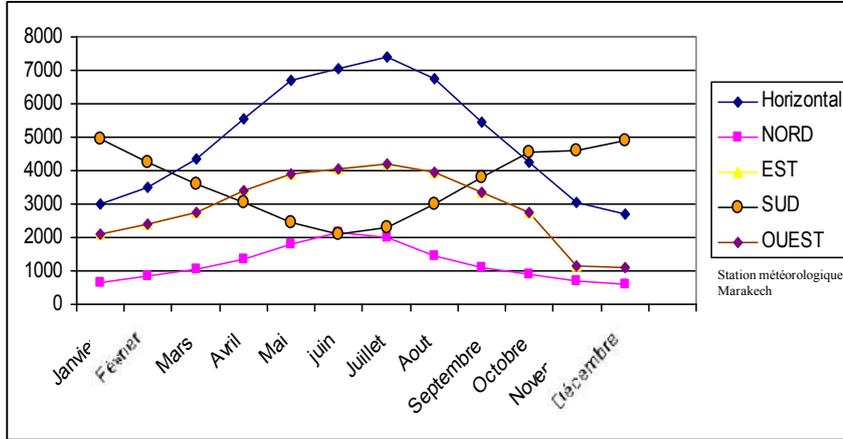
Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

Plan de la formation

- I. ANALYSE DU SITE
- II. CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DU BÂTIMENT
- III. PRINCIPES DE LA THERMIQUE DU BÂTIMENT
- IV. LA RTCM
- V. IDENTIFICATION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES
- VI. CHAUFFAGE ET CLIMATISATION
- VII. ETUDE DE CAS: MAÎTRISER ET CONTRÔLER LA MISE EN ŒUVRE DU RTCM ET PRISE EN MAIN DES LOGICIELS BINAYATE PRESCRIPTIVE, BINAYATE 3D ET BINAYATE PERFORMANTIELLE

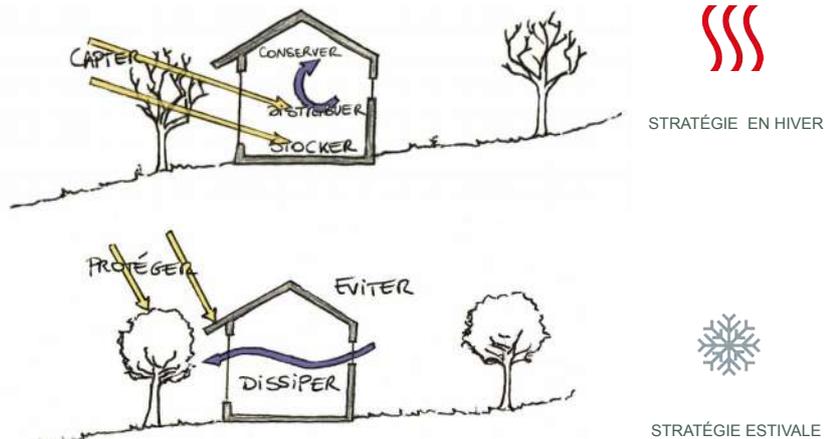
Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

énergie reçue par orientation



Façade sud : reçoit le plus d'énergie en hiver et le moins en été

Les stratégies de conception



Source : La conception bioclimatique - J.P Oliva S.Courgey - Terre Vivante - 2006
Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

51

Orientation et proportion des surfaces vitrées



Les apports solaires varient selon les orientations et les saisons.

Les énergies figurant sur les schémas correspondent à l'énergie reçue en moyenne par jour et par m² en période estivale ou en hiver au Maroc.

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

52

La municipalité de New York a mis en place une structure visant à repeindre, à terme, tous les toits de « Big Apple » en blanc. Objectif : diminuer les températures estivales et réduire les consommations de climatisation.



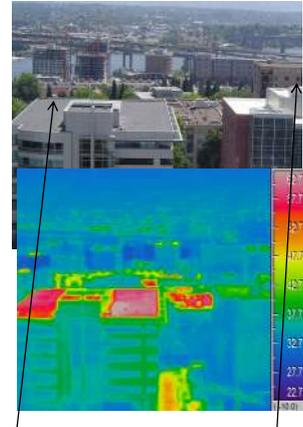
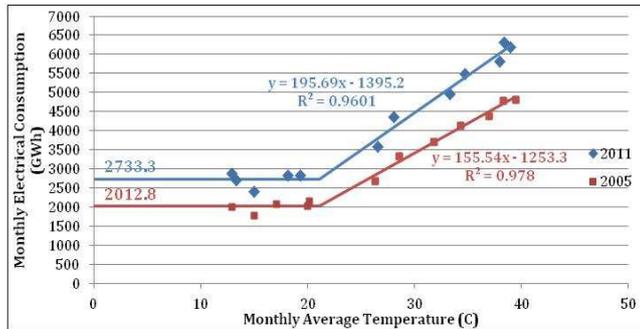
« New York Cool Roof »

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

de nombreux “blocks” sont devenus blancs

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

Energy Use Increases (Case Study: Kuwait)



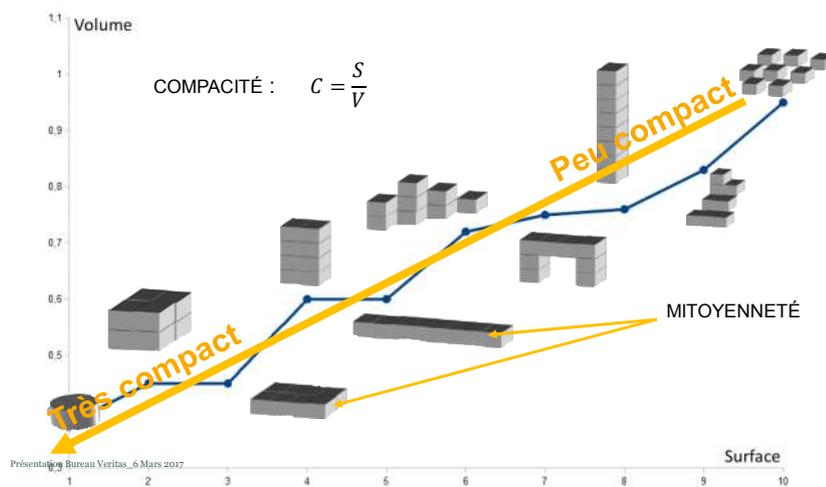
T = 65° C)

T = 43° C)

Source: www.med-enec.eu

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Compacité et mitoyenneté



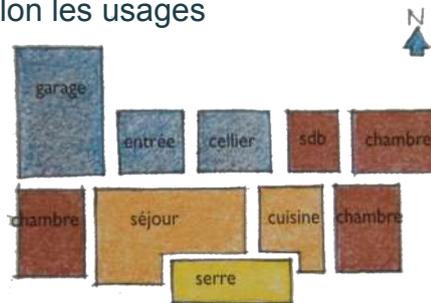
Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

55

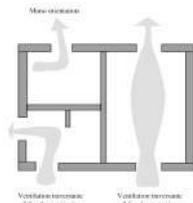
Disposition des espaces selon les usages

SELON L'ORIENTATION

- Locaux de services et à occupation passagère au nord
- Locaux n'ayant pas besoin d'être refroidis à l'ouest
- Pièces de vie au sud et à l'est



Source : La conception bioclimatique - J.P.Oliva S.Courgey -Terre Vivante - 2006



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : guide pratique de conception de logements économes en énergies- ANME Tunisie

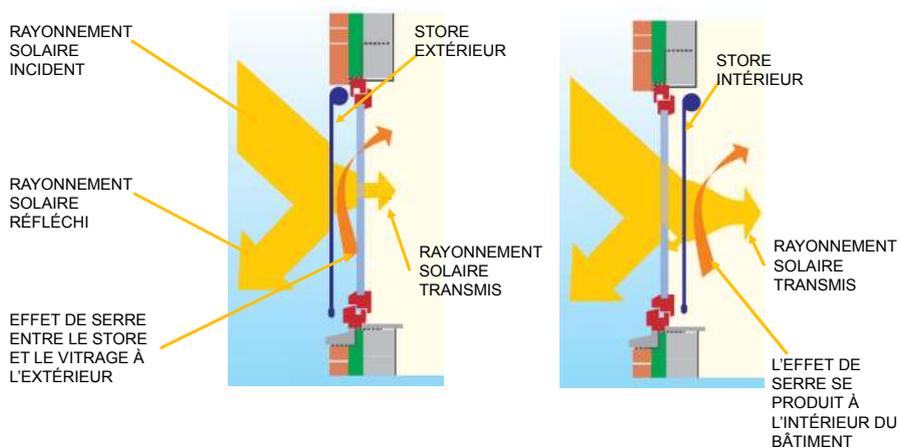
POUR FAVORISER LA VENTILATION NATURELLE

- Façades à expositions multiples
- Grande surface d'ouvrants
- Pas d'obstacle à l'intérieur des espaces

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

56

Protections solaires intérieures et extérieures



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique - A. Liehard A. De Herde - 2005

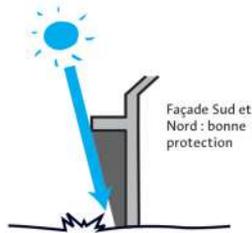
Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

57

Protections solaires verticales et horizontales



VERTICALES



HORIZONTALES

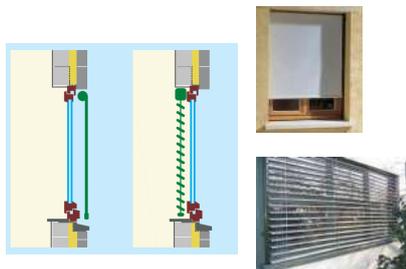


Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : guide pour la performance énergétique en milieu amazonien - ADEME - 2010

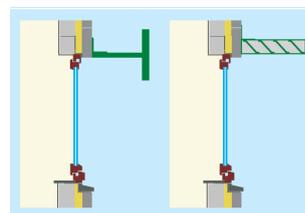
Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

58

Protections solaires mobiles et fixes



MOBILE



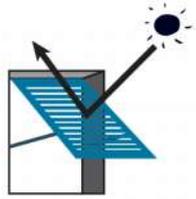
FIXE

Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique - A. Liebard A. De Herde - 2005

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

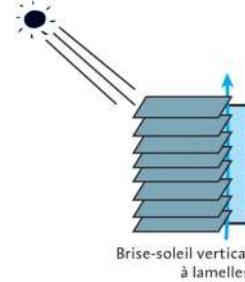
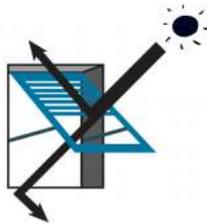
59

Protection solaires mixtes selon les configurations



Volets et stores projetés

Source : guide pour la performance énergétique en milieu amazonien - ADEME - 2010



Brise-soleil vertical à lamelles



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017



Le moucharabieh marocain

Sources : TYPOLOGIE DE LOGEMENTS MAROCAINS - Shama Atif - 2011 ; Programme d'appui au plan d'Action Maroc - UE - ADEREE

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

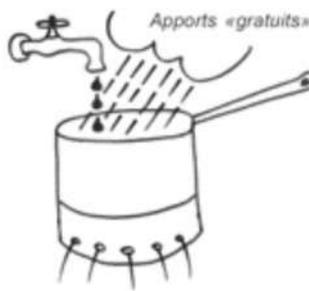
60

L'isolation

Conventionnel



Basse consommation



Passif

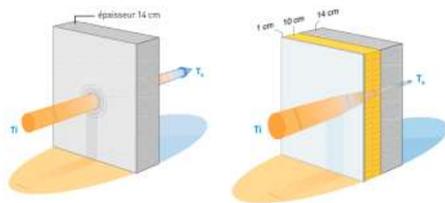


Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

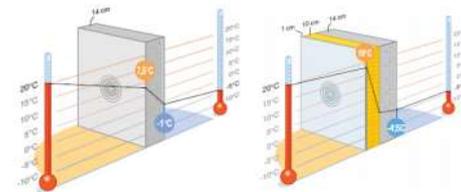
L'isolation

Les déperditions d'énergie au travers des parois



Source : La thermique du bâtiment - Isover

La température des parois



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

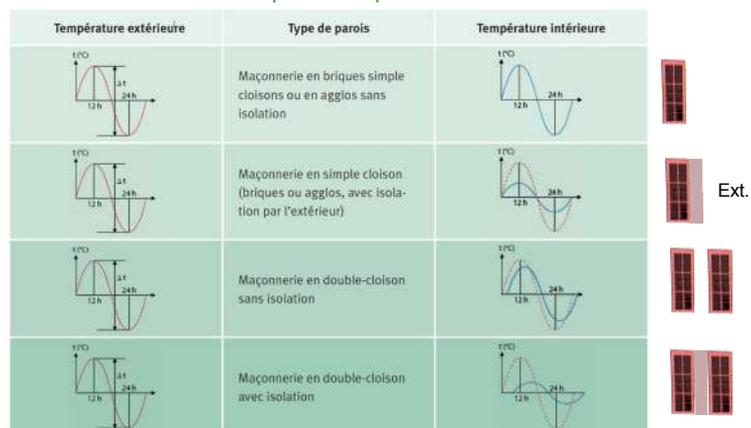
L'inertie thermique d'une paroi

Inertie thermique de divers parois

C'est le déphasage et l'amortissement de température

Elle dépend :

- De l'inertie des matériaux qui la compose
- De l'épaisseur de ces matériaux
- Et de l'ordre dans lequel ces matériaux sont positionnés dans la paroi



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Source : Guide maghrébin des matériaux d'isolation thermique des bâtiments - REME - 2010

L'inertie thermique d'une paroi

Les déphasage et l'amortissement constituent « l'inertie thermique ».

L'inertie est caractérisée par 2 propriétés physiques des matériaux :

- La diffusivité thermique (a) qui correspond à la vitesse d'avancement d'une onde de chaleur dans le matériau

$$a = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$$

- L'effusivité thermique (b) qui correspond à la capacité d'un matériau à absorber ou à restituer une puissance thermique

$$b = \sqrt{\lambda \cdot \rho \cdot c}$$

Pour réduire l'amplitude de température les parois du bâtiment doivent avoir une faible diffusivité et une forte effusivité.

λ : conductivité thermique du matériau (W/m.K)

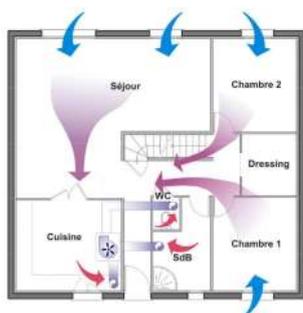
ρ : masse volumique du matériau (kg/m³)

c : chaleur massique du matériau (Wh/K.kg)

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

64

Etanchéité à l'air VS ventilation

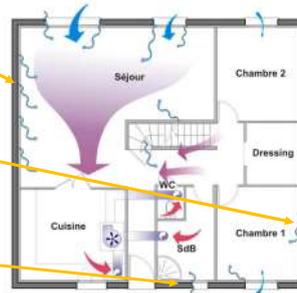


Ventilation = Renouvellement d'air organisé et volontaire pour le confort et la qualité sanitaire.

Pose non jointive de la maçonnerie

Prise électrique, interrupteur... dans les murs

Menuiserie mal posée ou sans joint



Infiltrations = Renouvellement d'air non maîtrisé, non organisé, mal connu et involontaire qui crée des **inconforts et des surconsommations**.

Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Perméabilité à l'air de l'enveloppe des bâtiments - CETE Lyon - 2006

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

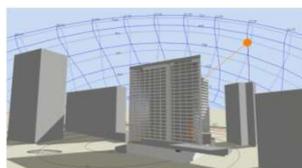
65

La simulation thermique dynamique (STD)

LA STD C'EST LA SIMULATION DES FLUX THERMIQUES AU SEIN D'UN BÂTIMENT.

QUE PREND-T-ELLE EN COMPTE ?

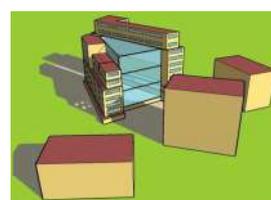
Les caractéristiques de l'enveloppe du bâtiment, le climat, le site, les occupants ... Tout ce qui influence le comportement thermique du bâtiment.



Source : DesignBuilder

QUE PERMET-ELLE D'ÉVALUER ?

Le confort et les besoins de chauffage et de climatisation.



Source : TRNSYS

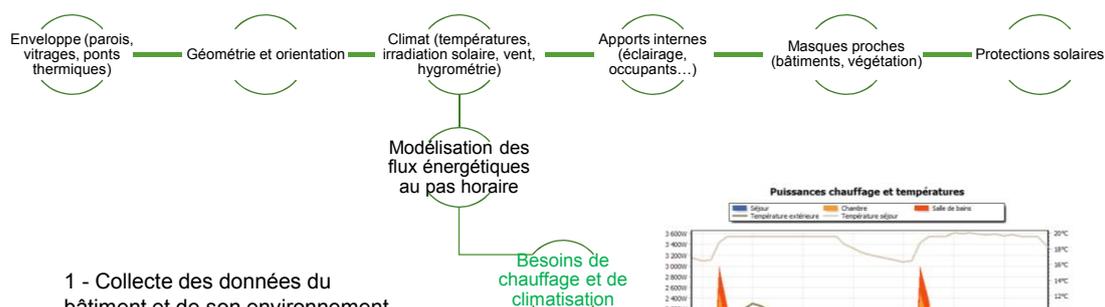
C'est la méthode qui s'approche le plus du comportement réel du futur bâtiment.

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

66

Comment se déroule une STD ?

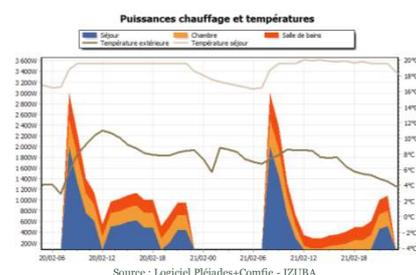


1 - Collecte des données du bâtiment et de son environnement

2 - Modélisation et calcul des flux d'énergie

3 - Données précises sur le confort et les besoins d'énergie

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017



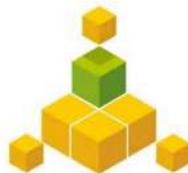
Source : Logiciel Pleiades+Comfie - IZUBA

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Quels outils de STD ? (liste non exhaustive d'éditeurs logiciels)



Virtual Environment Software



TRNSYS



Design Builder

...



Izuba



Cype



Autodesk

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

Plan de la formation

- I. ANALYSE DU SITE
- II. CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DU BÂTIMENT
- III. PRINCIPES DE LA THERMIQUE DU BÂTIMENT
- IV. LA RTCM
- V. IDENTIFICATION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES
- VI. CHAUFFAGE ET CLIMATISATION
- VII. ETUDE DE CAS: MAÎTRISER ET CONTRÔLER LA MISE EN ŒUVRE DU RTCM ET PRISE EN MAIN DES LOGICIELS BINAYATE PRESCRIPTIVE, BINAYATE 3D ET BINAYATE PERFORMANTIELLE

Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

Définition de la thermique

DÉFINITION : La thermique du bâtiment est une discipline consistant à étudier les besoins énergétiques des bâtiments. Elle aborde principalement les notions d'isolation thermique et de ventilation afin d'offrir le meilleur confort thermique aux occupants. Elle aborde aussi les problématiques de fourniture d'énergie pour le chauffage la climatisation et de production d'eau chaude sanitaire.

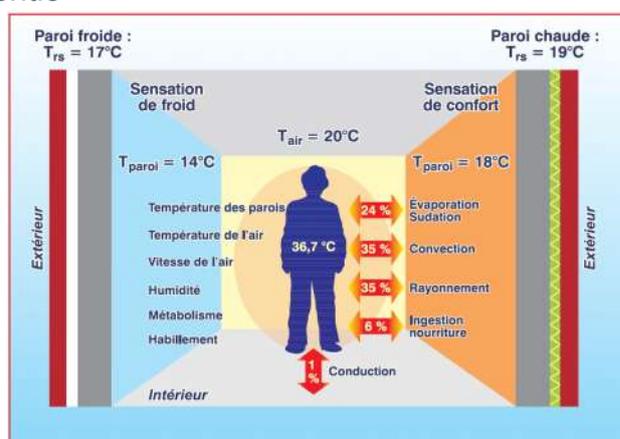
La thermique c'est la prise en compte de l'homme dans le bâtiment

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Température ressentie

La température ressentie dans une pièce n'est pas la température indiquée sur le thermomètre



Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique – A. Liebard A. De Herde - 2005

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

$$T_{opérative} = \frac{(T_{ambiante} + T_{parois})}{2}$$

NM ISO 13791
NM ISO 13792

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

71

L'énergie

C'EST LE TEMPS DE MISE EN JEU D'UNE PUISSANCE. UNE ÉNERGIE EST DONC UNE PUISSANCE MULTIPLIÉE PAR UN TEMPS.

$$E \text{ [Wh]} = \text{Puissance [W]} \times \text{temps [h]}$$

UNITÉ : WATT-HEURE (Wh)

QUELLE EST LA CONSOMMATION PENDANT UNE HEURE ...

D'UNE TÉLÉVISION? 100 Wh

D'UN RÉFRIGÉRATEUR? 300 Wh

QUELLE EST LA CONSOMMATION EN CHAUFFAGE ET CLIMATISATION ...

D'UN LOGEMENT RTCM A AGADIR 60 kWh/m².an

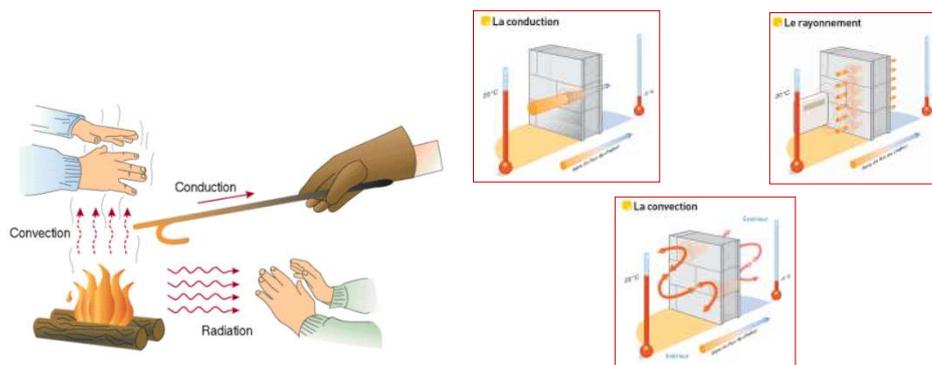


Présentation Bureau Veritas

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

72

Les 3 modes de transfert de la chaleur



Source : La thermique du bâtiment - Isover

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

Les caractéristiques physiques d'un matériau

LE COMPORTEMENT THERMIQUE D'UN MATÉRIAU DANS UNE PAROI EST CARACTÉRISÉ PAR QUATRE VALEURS FONDAMENTALES :

- La conductivité thermique : λ [W/(m.K)]
- L'épaisseur : e [m]
- La masse volumique : ρ [en kg/m³]
- La chaleur spécifique : c [J/(kg.K)]

A partir de ces 4 données de base on déduit toutes les autres caractéristiques.

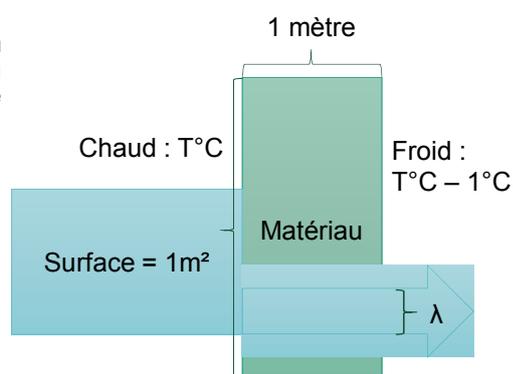
Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

La conductivité thermique

C'est la quantité de chaleur passant en 1s au travers de 1m² d'une couche de matériau homogène de 1m d'épaisseur, soumis à une différence de température de 1°C.

La conductivité dépend du matériau.



Symbole	Unité
λ	W/m.K

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

75

Caractéristiques de divers matériaux

COMMENT IDENTIFIER LES MATÉRIAUX ISOLANTS ?

Désignation	λ (W/m.K)	ρ (kg/m ³)
Béton armé standard	1,75 à 2,5	2000 à 2400
Pisé	1,0 à 1,2	1770 à 2000
Parpaing	0,8 à 1,0	850 à 950
Brique creuse	0,42 à 1,15	650 à 800
Béton de chanvre	0,07 à 0,13	300 à 500
Perlite expansée	0,045 à 0,05	90 à 170
Laine de roche	0,034 à 0,05	20 à 150
Laine de verre	0,034 à 0,05	15 à 60
Liège	0,032 à 0,050	80 à 140
Polystyrène expansé (PSE)	0,032 à 0,05	15 à 25
Polystyrène extrudé (XPS)	0,028 à 0,036	30 à 50
Mousse projetée	0,025 à 0,038	8
Polyuréthane	0,022 à 0,03	28 à 50

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

76

La résistance thermique

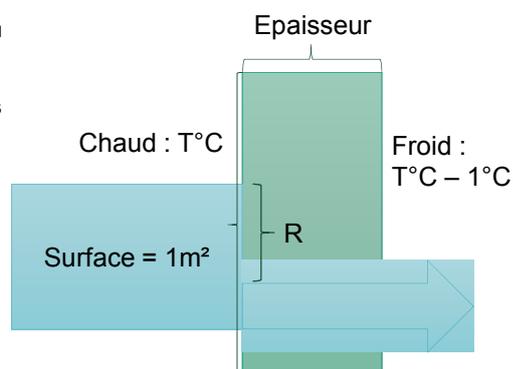
C'est la capacité d'une paroi à résister au transfert de chaleur qui la traverse.

La résistance dépend de l'épaisseur et des matériaux qui composent la paroi.

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Symbole	Unité
R	m ² .K/W

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017



Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

77

La résistance thermique de matériaux de construction

Matériau	R (m ² .K/W)
Parpaing 20 cm	0,19
Brique creuse 7 cm	0,17
Brique monomur 25 cm	1,0



EN NM 9869
NM ISO 10456

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

78

Présentation de quelques isolants :

ISOLANT THERMIQUE	CONDUCTIVITE THERMIQUE	RÉSISTANCE A LA VAPEUR D'EAU	RÉSISTANCE A LA COMPRESSION	DENSITÉ	COMPORTEMENT AU FEU	PRIX	COÛT DE MISE EN ŒUVRE
	W/m.K	μ	kPa	kg/m ³	classe	DH/m ²	DH/m ²
Laine de roche	0,034-0,050	0,8-2,2	50-100	20-150	A	80-90	20-25
Laine de verre	0,034-0,050	1-4	20-50	15-60	A	60-90	20-25
Polyuréthane	0,022-0,030	20-80	80-200	30-50	B	60-100	20-40
Polystyrène extrudé	0,028-0,036	60-200	150-700	30-50	E	50-80	10-20
Polystyrène expansé	0,032-0,050	20-80	20-80	15-25	E	30-70	10-20
Liège	0,032-0,050	10-15	10-20	80-140	E	60-90	20-25
Perlite expansée	0,045-0,050	5-10	20-40	90-170	A	60-90	20-25
Fibre de chanvre	0,039-0,045	1-2	10-20	20-60	E	75-100	20-25
Laine de mouton	0,039-0,045	1-2	10-20	35-85	E	80-100	20-25
Quate de cellulose	0,039-0,055	1-2	5-25	30-50	B	40-80	30-50

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Source : Guide technique de l'isolation thermique - Aderec - 2014

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Présentation de quelques isolants :

Zone climatique	épaisseur XPS, mm	épaisseur EPS, mm	épaisseur PUR, mm	épaisseur MW, mm
Z1	NE	NE	NE	NE
Z2	NE	NE	NE	NE
Z3	20	20	20	20
Z4	30	30	30	40
Z5	20	30	20	30
Z6	20	30	20	30

Tableau 11.- Epaisseurs minimales en isolation des sols avec le polystyrène extrudé (XPS), polystyrène expansé (EPS), polyuréthane projeté (PUR) et la laine minérale (MW).

N.B.: Les épaisseurs sont arrondies à celles existantes sur le marché.

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Source : Guide technique de l'isolation thermique - Adreec - 2014

Reprenons sur les aspects thermiques

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

81

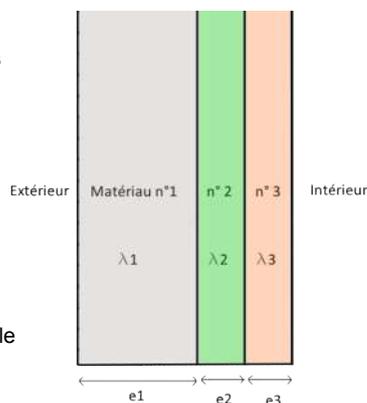
Calcul d'une résistance thermique d'une paroi

La résistance thermique d'une paroi est la somme des résistances des éléments qui la composent :

$$R_{paroi} = \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3} + R_{se} + R_{si}$$

L'ordre des composants n'a pas d'influence.

Si la couche est hétérogène : parpaings, hourdis, etc. le fabricant donne directement la résistance thermique.



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

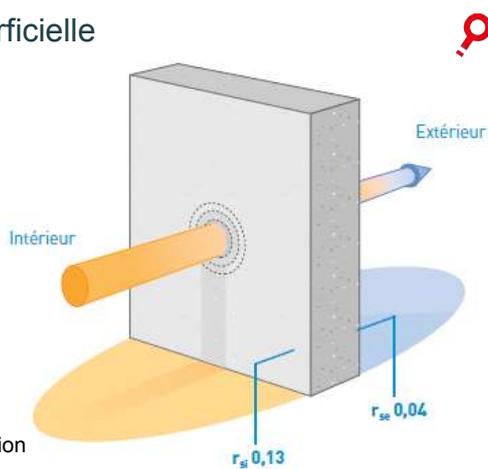
82

Résistance thermique superficielle

Les résistances thermiques superficielles s'ajoutent à la résistance thermique de la paroi.

Elles sont dues à la lame d'air immobile contre la paroi. Elles dépendent donc de :

- La nature de la paroi
- Le sens du flux de la chaleur
- Des échanges thermiques par convection et rayonnement



Source : La thermique du bâtiment - Isover

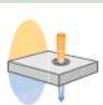
Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

83

Résistance thermique superficielle



Sens de la paroi	Sens du flux	R_{si}	R_{se}	$R_{si} + R_{se}$
Verticale	 Source : Isover	0,13	0,04	0,17
Horizontale	 Source : Isover	0,10	0,04	0,14
Horizontale	 Source : Isover	0,17	0,04	0,21

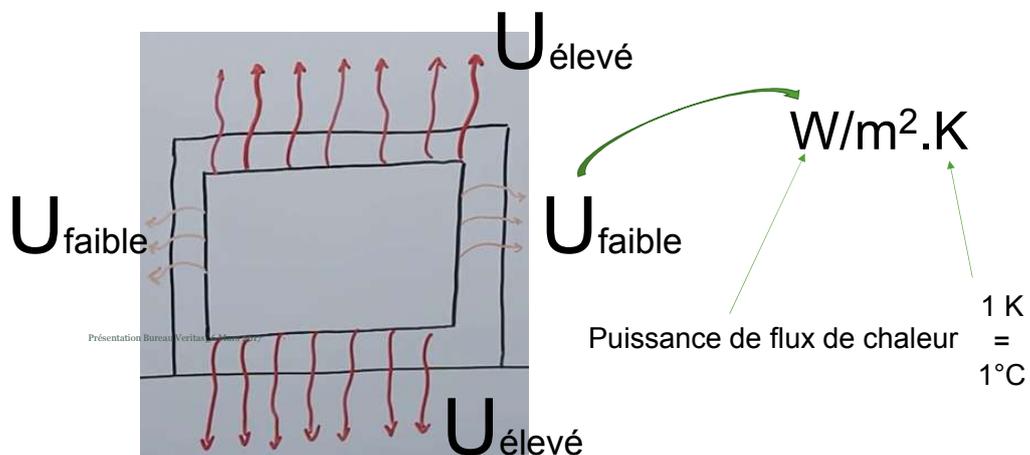
Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Coefficient de transmission thermique ou conductance

84

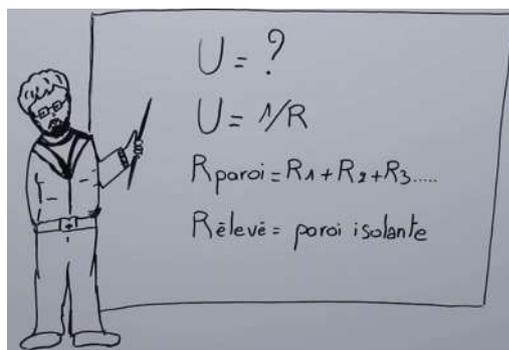
Etudions le fonctionnement des parois. Certaines laissent traverser la chaleur sans difficulté. D'autres sont moins conductrices. C'est le **coefficient de transmission thermique surfacique, symbolisée « U »**, qui renseigne la capacité d'une paroi à laisser passer les calories. Ici, le plafond et le sol sont très déperditifs, leur coefficient de transmission est élevé. Les murs le sont beaucoup moins, leur U est faible.



Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Pour calculer le U d'une paroi, il faut d'abord calculer son **R**, ou « **résistance thermique** ». Pour ce faire on doit calculer le R de chaque couche constituant la paroi, qui dépend de l'épaisseur et du pouvoir isolant (λ) des matériaux. Un R élevé signifie que la paroi résiste à la fuite des calories : elle est isolante !

Le calcul du U est la base de toute étude thermique.



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

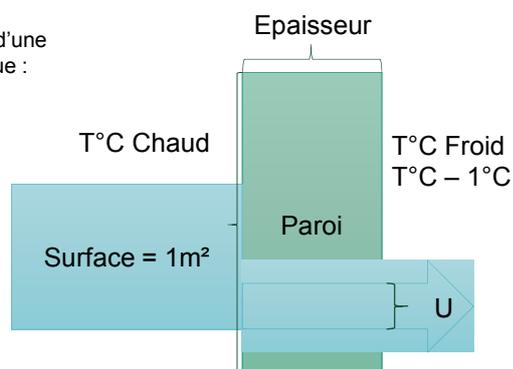
Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

86

Coefficient de transmission thermique U

Le coefficient U caractérise la performance d'une paroi. C'est l'inverse de la résistance thermique :

$$U = \frac{1}{R}$$



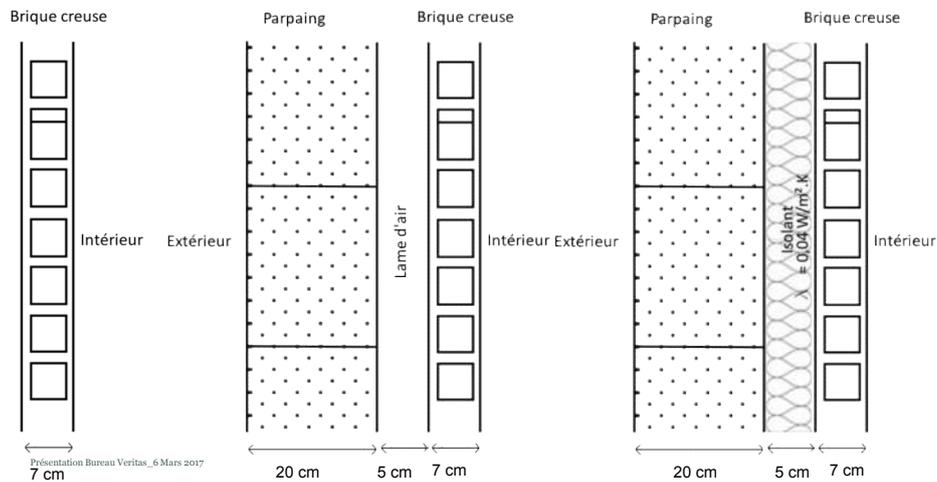
Symbole	Unité
U	W/m².K

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

87

Exercice : Calculer les caractéristiques thermiques d'une paroi : utilitaire de calcul



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

88

Le U permet de calculer le flux d'énergie au travers de la paroi

LE COEFFICIENT U PERMET DE CALCULER LE FLUX D'ÉNERGIE QUI TRAVERSE LA PAROI.

$$\phi [W] = U \cdot S \cdot \Delta T$$

T°C Chaud

T°C Froid

Avec :

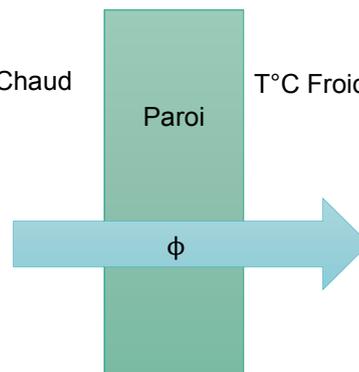
U : le coefficient de transmission thermique en W/m².K

S : la surface de la paroi en m²

 ΔT : la différence de température entre l'intérieur et l'extérieur

Ce flux d'énergie, on peut le calculer pour toutes les parois :

- Murs extérieurs
- Planchers bas
- Plancher haut
- Portes
- Fenêtres



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

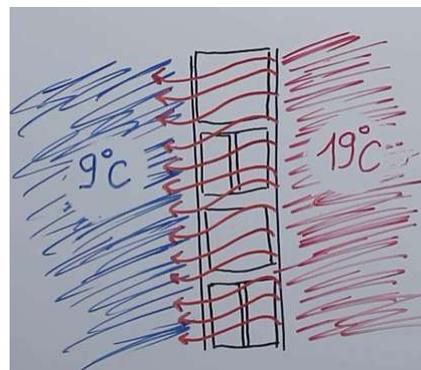
89

Exemple : Mur en aggloméré de ciment non isolé (U est de 2.43 W/m²K).

Calculer

Si ce mur fait 100m², calculer les déperditions journalières thermiques en kWh.

Rép.: le flux de chaleur sera de 2.43 par 100 m² par 10 degrés, soit 2430 Watts, c'est-à-dire la puissance de 2 radiateurs.



extérieure

intérieure

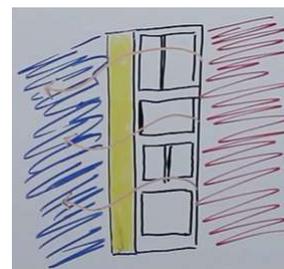
Cela signifie par exemple qu'en 1 journée d'hiver, si 10° est la différence moyenne de températures intérieure/extérieure, les déperditions sont de 2430 (watts) x 24 (heures), soit 58320 wattheures, ou 58.32 kilowattheures.

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

90

Si nous posons 15 cm d'isolant sur ce mur, coté intérieur ou extérieur, son U chute à 0.21 W/m²K.

Le flux thermique y est 11 fois moindre !



Mais désormais le parement intérieur n'est plus froid, et l'on peut chauffer avec de la basse température. Au final les consommations dues au mur ne seront pas divisées par 11 mais par plus de 15 !

Une précision : nous parlons ici d'une isolation non dégradée par des ponts thermiques ou des flux d'air.

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

91

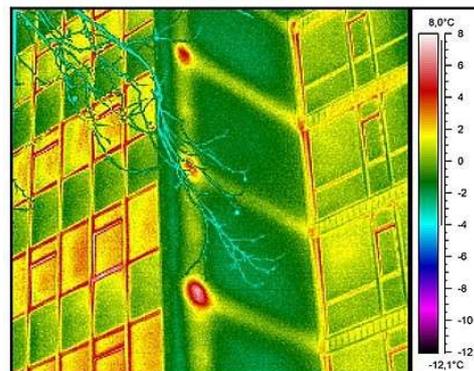
Cette **capacité de l'isolation à limiter les déperditions thermiques** explique pourquoi les nouveaux bâtiments conformes au RTCM sont plus performants que ceux qui les ont précédés ; et pourquoi, avec une isolation et une étanchéité à l'air mieux maîtrisées, les constructions plus récentes améliorent encore cette performance.

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

92

Les ponts thermiques ?

Pont thermique = discontinuité isolation



Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

93

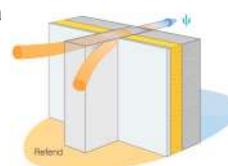
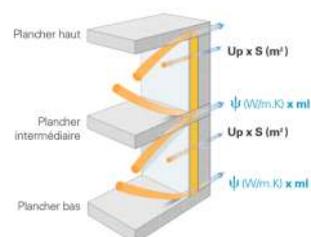
Ponts thermiques structurels

Ils sont dus aux liaisons structurelles.

Les ponts thermiques peuvent être :

→ Linéiques : ψ [W/m.K]
Refends, planchers

Ces ponts thermiques créent des flux d'énergie qui s'ajoutent à ceux au travers des parois.



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Source : La thermique du bâtiment – Isover

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

94

Ponts thermiques intégrés

Les ponts thermiques linéiques intégrés sont dus à des inhomogénéités dans la composition même des parois.

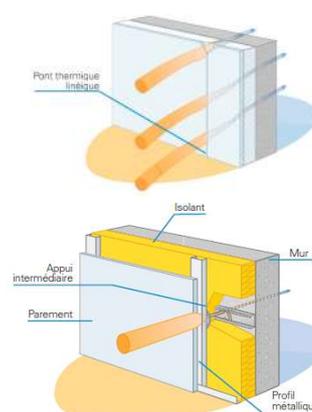
Ils influent directement sur le coefficient U de la paroi et augmentent le flux d'énergie qui passe au travers.

Ils peuvent être :

→ Linéiques : ψ [W/m.K]
Refends, planchers

→ Ponctuels: χ [W/K]
Traversée de l'enveloppe par des poutres, poteaux ...

Ils NE S'AJOUTENT donc PAS aux flux d'énergie traversant les parois.



Exemple de la cause d'un pont thermique ponctuel. L'appui intermédiaire servant d'entretoise entre la fourrure verticale et le mur.

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Source : La thermique du bâtiment – Isover

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

Ponts thermiques

Le flux d'énergie passant dans un pont thermique linéique se calcule donc par la formule :

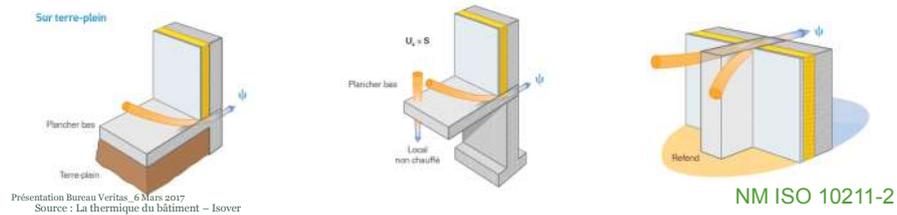
$$\phi [W] = \Psi \times L_{pont\ thermique} \times \Delta T$$

Avec :

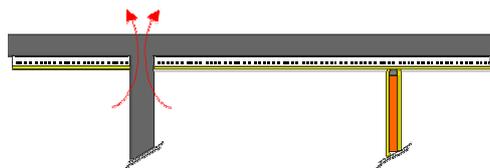
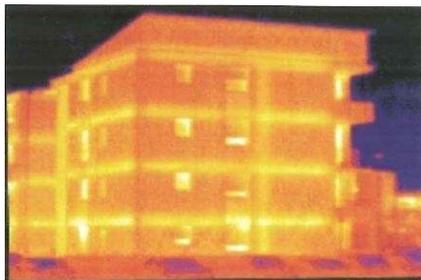
Ψ : la conductivité du pont thermique en W/m.K

$L_{pont\ thermique}$: la longueur en mètre du pont thermique

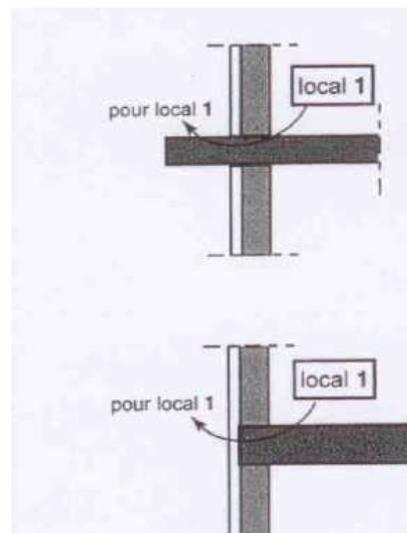
ΔT : La différence de température entre l'intérieur et l'extérieur



Ponts thermiques

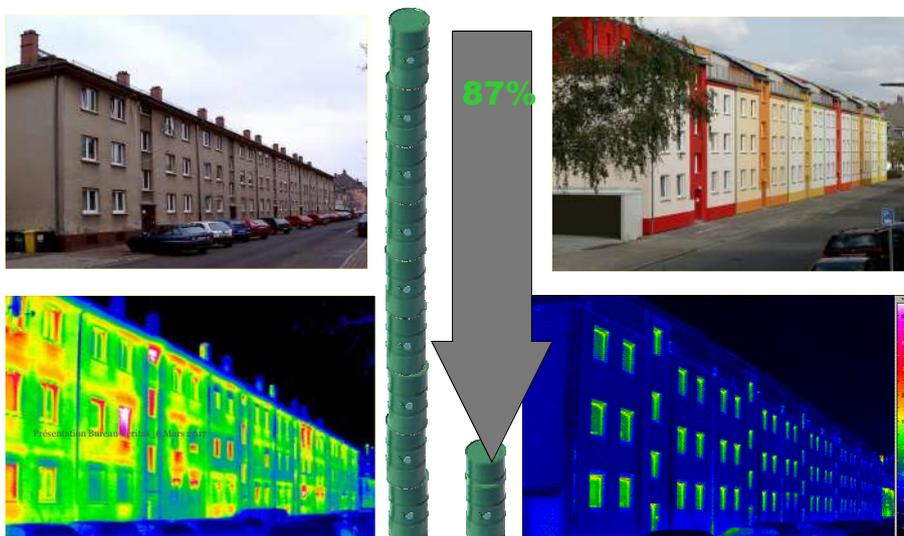


Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : La thermique du bâtiment – Isover



97

High savings potential for existing buildings e.g. Frankfurt refurbishment using passive house technology



98

Parois vitrées

Les parois vitrées sont à la fois sources de déperditions ET d'apports thermiques et de lumière.

Elles sont donc caractérisées par plusieurs coefficients :

<i>Symbole</i>	<i>Unité</i>	<i>Signification</i>
U	W/m ² .K	Transmission thermique
FS	Sans unité	Facteur solaire
TI	Sans unité	Transmission lumineuse

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

NM ISO 12567-1

Les parois vitrées

Les parois vitrées se composent :

→ **d'un cadre**
opaque caractérisé par un coefficient de transmission thermique U_f



→ **d'un vitrage**
transparent caractérisé par un coefficient de transmission thermique U_g



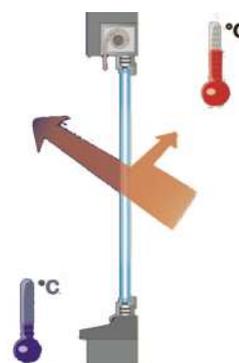
Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Coefficient de transmission thermique d'une paroi vitrée

On caractérise une paroi vitrée par un coefficient U_w que l'on peut en première approche définir ainsi :

- U_f : transmission thermique du cadre (Af sa surface)
- U_g : transmission thermique du vitrage (Ag sa surface)
- s : clair de jour définit comme $s = Ag / (Af + Ag)$

$$U_w = s \times U_g + (1-s) \times U_f$$



Source : Syndicat National de la Fermeture, de la Protection Solaire et des professions Associées.

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

101

Coefficient de transmission thermique d'une paroi vitrée



En toute rigueur, il convient de prendre en compte l'impact des ponts thermiques de la jonction vitrage/cadre :

Avec :

ψ : pont thermique linéique (aussi appelé pont thermique d'intercalaire) en W/m.K

L : longueur de pont thermique en mètres

$$U_w = s \times U_g + (1-s) \times U_f + \frac{L}{A_g + A_f} \times \psi$$

EXERCICE : CALCULER LE COEFFICIENT DE TRANSFERT THERMIQUE D'UNE MENUISERIE

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

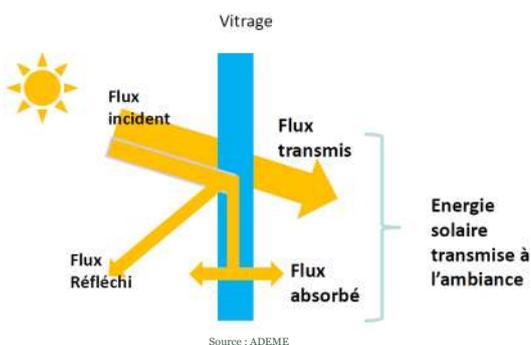
Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

102

Le facteur solaire FS d'une paroi vitrée

Le facteur solaire correspond à la part d'énergie solaire incidente qui passe au travers du vitrage.

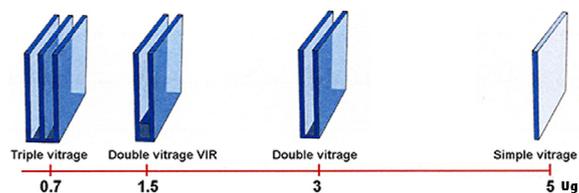
Le FS est compris entre 0 et 1.



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

Les caractéristiques de différents vitrages



Exemples	U_g ($W/m^2.K$)	Facteur solaire FS	Coût (Dh/m^2)
Simple vitrage	5,7	0,85	140
Double vitrage	2,9	0,75	200
Double vitrage basse émissivité	1,8	0,65	950
Triple vitrage	0,6	0,52	*

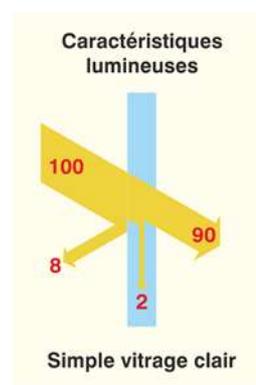
* Aucun fournisseur identifié au Maroc à ce jour.

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

La transmission lumineuse TI d'une paroi vitrée

La transmission lumineuse correspond à la part de lumière incidente qui passe au travers du vitrage.

TI est compris entre 0 et 1.



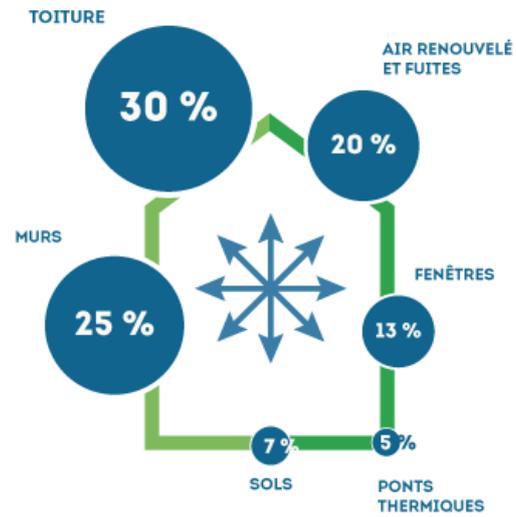
Source : www.energieplus-lesite.be

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

105

Les déperditions

ILLUSTRATION DES PERTES DE CHALEUR
D'UNE HABITATION INDIVIDUELLE MAL ISOLÉE

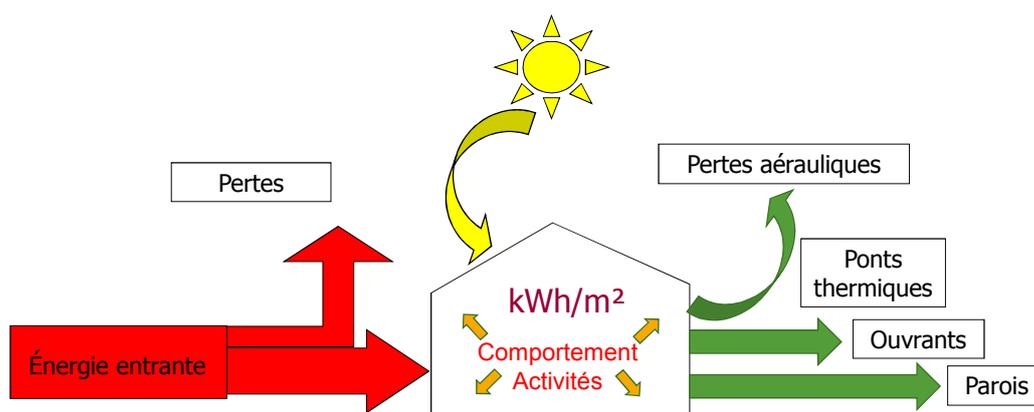


Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

106

Volet passif / volet actif



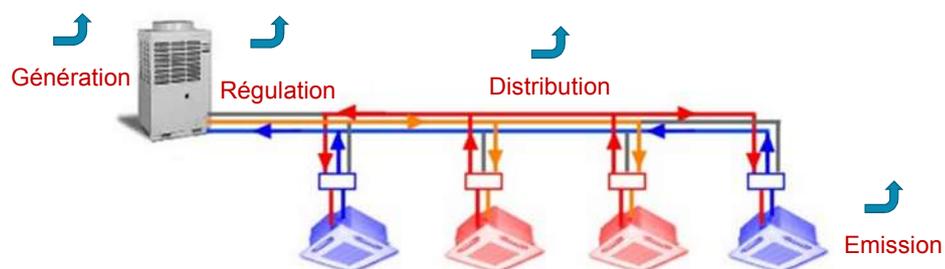
Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

NM EN 15265
NM EN 832

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

107

Le rendement η



$$\eta_{\text{générateur}} * \eta_{\text{régulation}} * \eta_{\text{distribution}} * \eta_{\text{émission}} = \eta_{\text{global}}$$

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

108

Le « Rendement » d'une pompe à chaleur

EN CLIMATISATION

Les performances énergétiques minimales des installations de climatisations sont données en termes d'Efficacité Énergétique en mode Refroidissement

$$EER = \frac{\text{La puissance totale de refroidissement}}{\text{Puissance électrique absorbée}}$$

EN CHAUFFAGE

et en terme de coefficient de performance (COP : Coefficient of Performance) en mode chauffage.

$$COP = \frac{\text{La puissance totale calorifique}}{\text{Puissance électrique absorbée}}$$

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Synthèse

QUELLES NOTIONS AVONS-NOUS ABORDÉES ?

- Construire en fonction du site et de l'usage
- Le bioclimatisme
- Les notions de besoins, rendement, consommations
- La thermique : gestion des flux d'énergie, maîtrise des caractéristiques de l'air intérieur

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

Plan de la formation

- I. ANALYSE DU SITE
- II. CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DU BÂTIMENT
- III. PRINCIPES DE LA THERMIQUE DU BÂTIMENT
- IV. LA RTCM
- V. IDENTIFICATION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES
- VI. CHAUFFAGE ET CLIMATISATION
- VII. ETUDE DE CAS: MAÎTRISER ET CONTRÔLER LA MISE EN ŒUVRE DU RTCM ET PRISE EN MAIN DES LOGICIELS BINAYATE PRESCRIPTIVE, BINAYATE 3D ET BINAYATE PERFORMANTIELLE

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

111

IV. LA RTCM



La RTCM fixe des exigences en matière de performances de l'enveloppe des bâtiments neufs :
niveau d'isolation thermique, optimisation du taux de vitrage par orientation, protection solaire des fenêtres, etc.

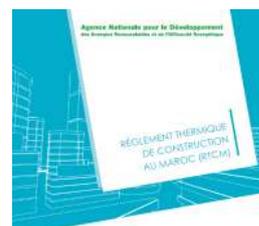


Selon deux approches:

→ **Performancielle** : limites maximales des besoins thermiques en kWh/m².an

Ou

→ **Prescriptive** : fixe les exigences réglementaires des caractéristiques thermiques de l'enveloppe des bâtiments



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : la réglementation thermique du bâtiment au Maroc - 2014

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

112

La réglementation thermique



Elle concerne deux types de bâtiments :

- **Résidentiels** :
Maisons individuelles, villas
Logements collectifs
- **Non résidentiels** :
administratifs/bureaux,
hôpitaux,
hôtels,
établissements d'enseignement.

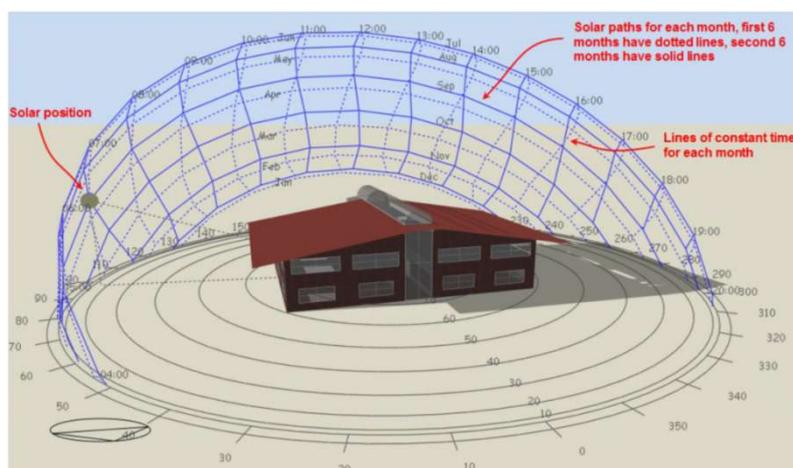


Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Les éléments techniques du projet de la réglementation thermique du bâtiment au Maroc - 2011

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

113

L'approche performantielle



Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017
Source : DesignBuilder

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

114

L'Approche Performantielle: est basée sur les besoins énergétiques annuels du bâtiment liés au confort thermique (BECh) exprimés en kWh/(m².an):

$$BECh = (BECh + BERef) / STC$$

-BECh: Besoins énergétiques annuels pour le chauffage exprimés en kWh/an et calculés sur la période d'hiver pour une température intérieure de base Tch= 20°C,

-BERef: Besoins énergétiques annuels pour le refroidissement exprimés en kWh/an et calculés sur la période d'été pour une température intérieure de base Tref= 26°C,

--STC : Surface totale conditionnée exprimée en m² et égale à la somme des surfaces des planchers des espaces chauffés en hiver et/ou refroidis en été.

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

115

Approche performancielle



Besoins spécifiques thermiques annuels maximaux de chauffage et de climatisation en kWh/m².an

Zone climatique	Résidentiels	Ecoles	Administrations	Hôpitaux	Hôtels
Agadir Z1	40	44	45	72	48
Tanger Z2	46	50	49	73	52
Fès Z3	48	61	49	68	66
Ifrane Z4	64	80	35	47	34
Marrakech Z5	61	65	56	92	88
Errachidia Z6	65	67	58	93	88

Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Les éléments techniques du projet de la réglementation thermique du bâtiment au Maroc - 2011

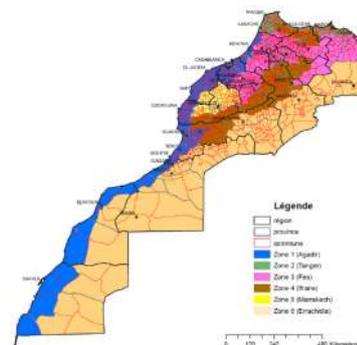
Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

116

L'Approche Prescriptive: est basée sur les spécifications techniques minimales en terme de propriétés thermo-physiques de l'enveloppe du bâtiment et ce, en fonction de la zone climatique et du taux des baies vitrées des espaces chauffés et/refroidis ainsi que leur répartition sur les différentes orientations.

Note: L'approche prescriptive ne s'applique pas
1. dans le cas où le taux global des baies vitrées est supérieur à 45% de la surface des murs extérieurs.

Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017



Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

117

Approche prescriptive



Exemple d'un bâtiment résidentiel dans la zone climatique d'Agadir

	Taux des baies vitrées TGBV	U des toitures exposées (W/m ² .K)	U des murs extérieurs (W/m ² .k)	U des vitrages (W/m ² .k)	R minimale des planchers sur sol (m ² .k/W)	Facteur Solaire FS* des vitrages
Zone climatique réglementaire Z1 (Réf. Agadir)	≤ 15%	≤ 0,75	≤ 1,20	≤ 5,80	NE	NE
	16-25 %	≤ 0,75	≤ 1,20	≤ 5,80	NE	Nord : NE Autres : ≤ 0,7
	26-35 %	≤ 0,75	≤ 1,20	≤ 3,30	NE	Nord : NE Autres : ≤ 0,5
	36-45 %	≤ 0,65	≤ 1,20	≤ 3,30	NE	Nord : ≤ 0,7 Autres : ≤ 0,3

- Le « U des vitrages » est le U de l'ensemble de la menuiserie (cadre et vitrage)
- Pas d'exigence concernant les ponts thermiques

Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Les éléments techniques du projet de la réglementation thermique du bâtiment au Maroc - 2011

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

118

L'approche prescriptive



EXERCICE DE LECTURE DU DÉCRET

- Comment est calculé le TGBV ?
- Que prend en compte le U des vitrages ? Le vitrage ? le cadre ?...
- Quelles exigences en matière de ponts thermiques ?
- Comment sont prises en compte les résistances superficielles ?
- Quelles sont les exigences sur les portes ?
- Quelles sont les exigences sur les coffres de volets roulant ?
- Quelle particularité dans le calcul de la résistance thermique du plancher bas ?

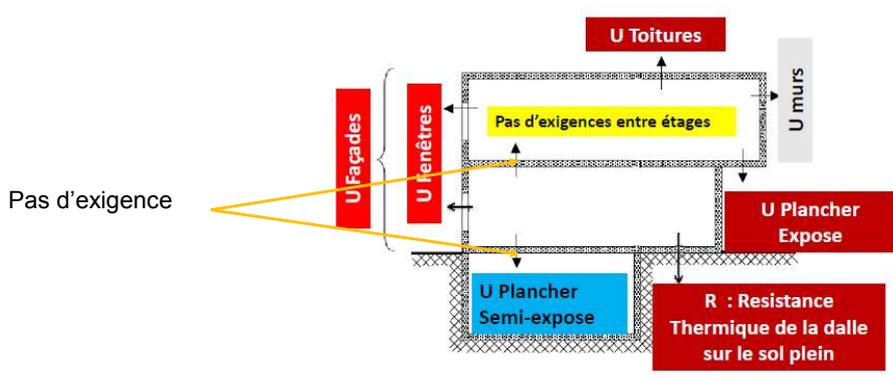
Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 6 Mars 2017

119

L'approche prescriptive





Source : Ecotech

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Analyse du site
Conception bioclimatique
Principes de la thermique
La RTCM
Mise en œuvre globale
Bon usage

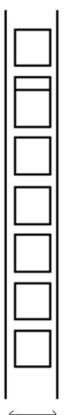
Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

120

Application : validation de la conformité d'une paroi avec Binayate



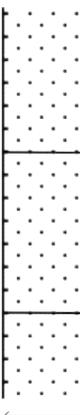

Brique creuse



Intérieur Extérieur

7 cm

Parpaing



20 cm

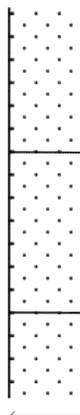
Brique creuse

Lame d'air



5 cm 7 cm

Parpaing



20 cm

Brique creuse

Isolant = 0,04 W/m².K



5 cm 7 cm

Présentation Bureau Veritas_ 6 Mars 2017

Plan de la formation

- I. ANALYSE DU SITE
 - II. CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DU BÂTIMENT
 - III. PRINCIPES DE LA THERMIQUE DU BÂTIMENT
 - IV. LA RTCM
 - V. IDENTIFICATION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES
 - VI. CHAUFFAGE ET CLIMATISATION
 - VII. ETUDE DE CAS: MAÎTRISER ET CONTRÔLER LA MISE EN ŒUVRE DU RTCM ET PRISE EN MAIN DES LOGICIELS BINAYATE PRESCRIPTIVE, BINAYATE 3D ET BINAYATE PERFORMANTIELLE
- I. **Prise en main du logiciel de mise en œuvre et de control du RTCM : Logiciel Binayate prescriptive, Binayate 3D et Binayate Performantielle.**

Quelles questions se pose t-on pour bien choisir un équipement ?



- Quels sont les besoins ?
Chauffage, climatisation, eau chaude sanitaire...
- Quels sont les spécificités du climat ?
Plage des températures extérieures...
- Quelles sont les puissances nécessaires?



IDENTIFICATION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES

Les besoins dans le secteur résidentiel

EN MATIÈRE D'ÉNERGIE

- Des besoins de climatisation et chauffage prépondérants
- Des besoins d'eau chaude sanitaire importants

EN MATIÈRE DE CONFORT :

- Une problématique de confort d'hiver et d'été
- Peu de dissipations internes de chaleur



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

Les besoins dans le secteur tertiaire

EN MATIÈRE D'ÉNERGIE:

- Des besoins de climatisation prépondérants
- Des besoins d'éclairage importants
- Des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire moindres

EN MATIÈRE DE CONFORT :

- Beaucoup de dissipations internes de chaleur
- Des surfaces vitrées importantes

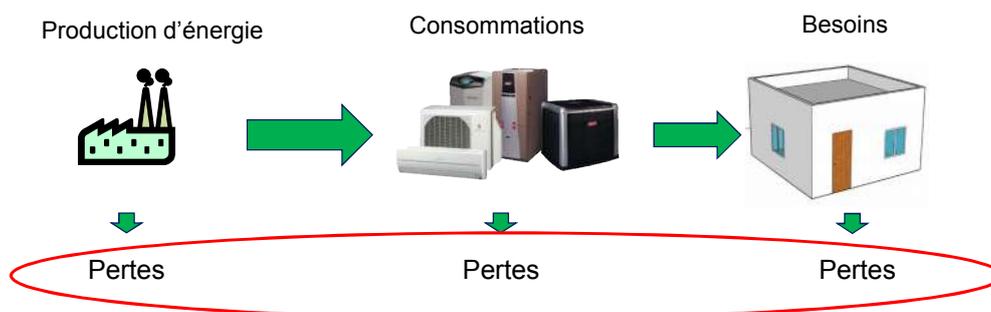


Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas _ 8 Mars 2017

125

Le lien entre besoin et consommation énergétique

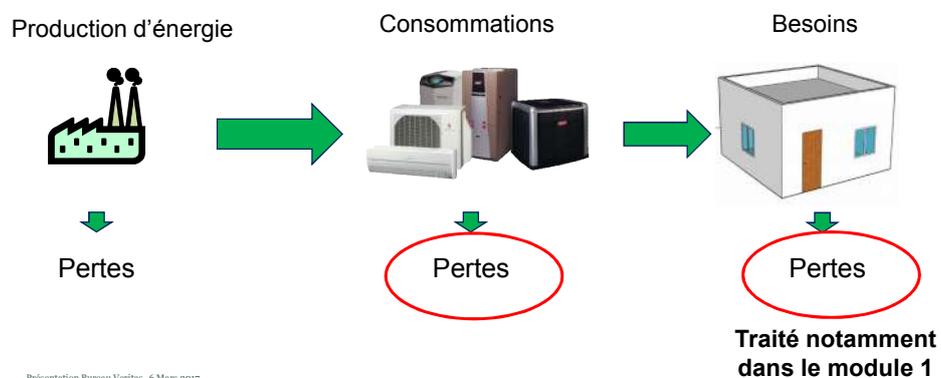


Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

126

Le lien entre besoin et consommation énergétique

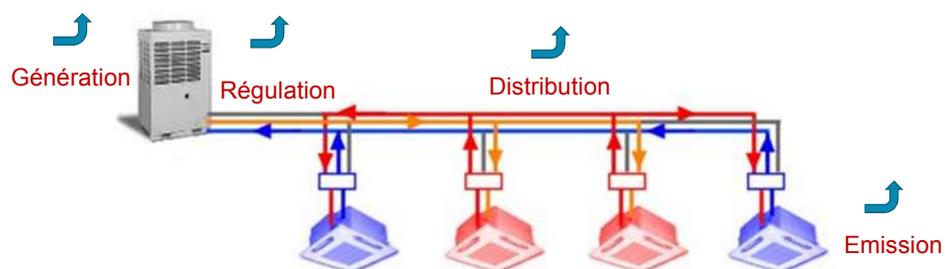


Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Présentation Bureau Veritas_ 8 Mars 2017

127

Le rendement η



$$\eta_{\text{générateur}} * \eta_{\text{régulation}} * \eta_{\text{distribution}} * \eta_{\text{émission}} = \eta_{\text{global}}$$



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

128

Les équipements de production de chaud et de froid:

LES POMPES À CHALEUR

- Eau/eau
- Air/eau
- Air/air

AUTRES SYSTÈMES

- Climatiseur adiabatique
- Energie solaire
- ...

LES SYSTÈMES À COMBUSTION

- Les chaudières gaz
- Les chaudières bois
- ...

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Le « Rendement » d'une pompe à chaleur

EN CLIMATISATION

Les performances énergétiques minimales des installations de climatisations sont données en termes d'Efficacité Énergétique en mode refroidissement

$$EER = \frac{\text{La puissance totale de refroidissement}}{\text{Puissance électrique absorbée}}$$

EN CHAUFFAGE

et en terme du coefficient de performance (COP : Coefficient of Performance) en mode chauffage.

$$COP = \frac{\text{La puissance totale calorifique}}{\text{Puissance électrique absorbée}}$$

Les performances minimales règlementaires



Catégorie	Mode de fonctionnement	Climatiseurs split et multi-Split	Climatiseurs monoblocs
Climatiseurs à condensation par air	Refroidissement	EER > 2,8	EER > 2,6
	Chauffage	COP > 3,2	COP > 3,0
Climatiseurs à condensation par eau	Refroidissement	EER > 3,1	EER > 3,8
	Chauffage	COP > 3,2	COP > 3,0



131

Plan de la formation

- I. ANALYSE DU SITE
- II. CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DU BÂTIMENT
- III. PRINCIPES DE LA THERMIQUE DU BÂTIMENT
- IV. LA RTCM
- V. IDENTIFICATION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES
- VI. CHAUFFAGE ET CLIMATISATION
- VII. ETUDE DE CAS: MAÎTRISER ET CONTRÔLER LA MISE EN ŒUVRE DU RTCM ET PRISE EN MAIN DES LOGICIELS BINAYATE PRESCRIPTIVE, BINAYATE 3D ET BINAYATE PERFORMANTIELLE

132

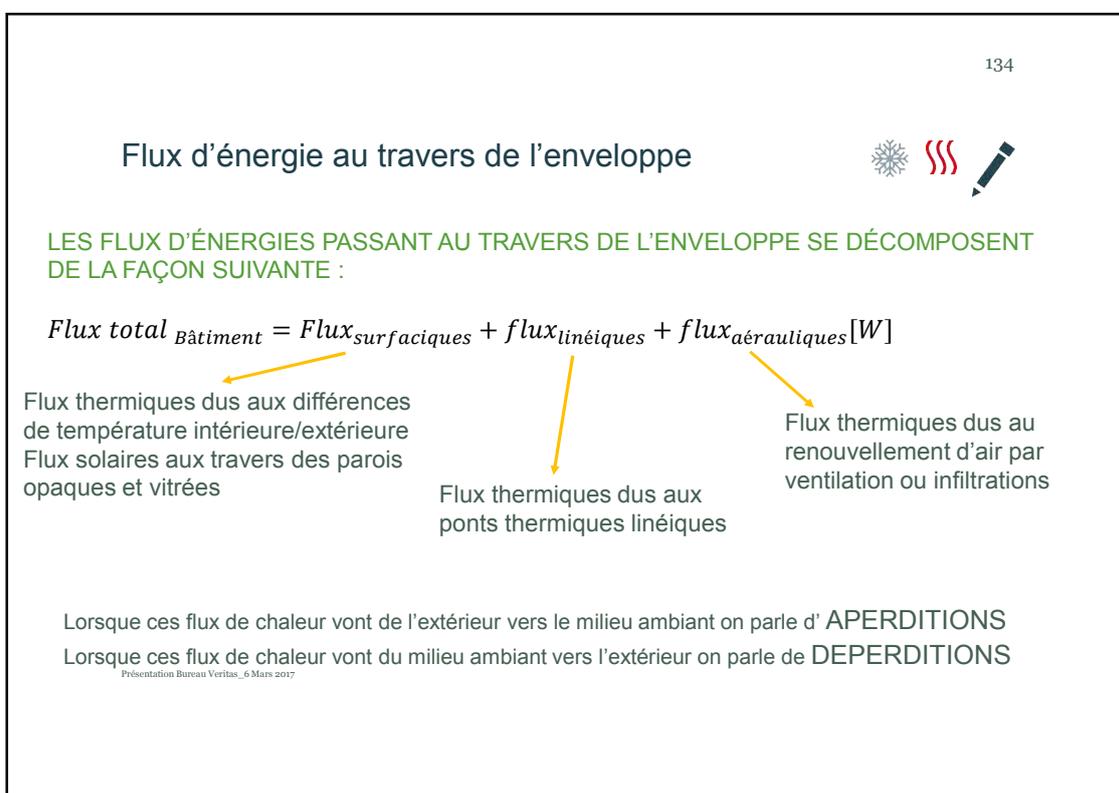
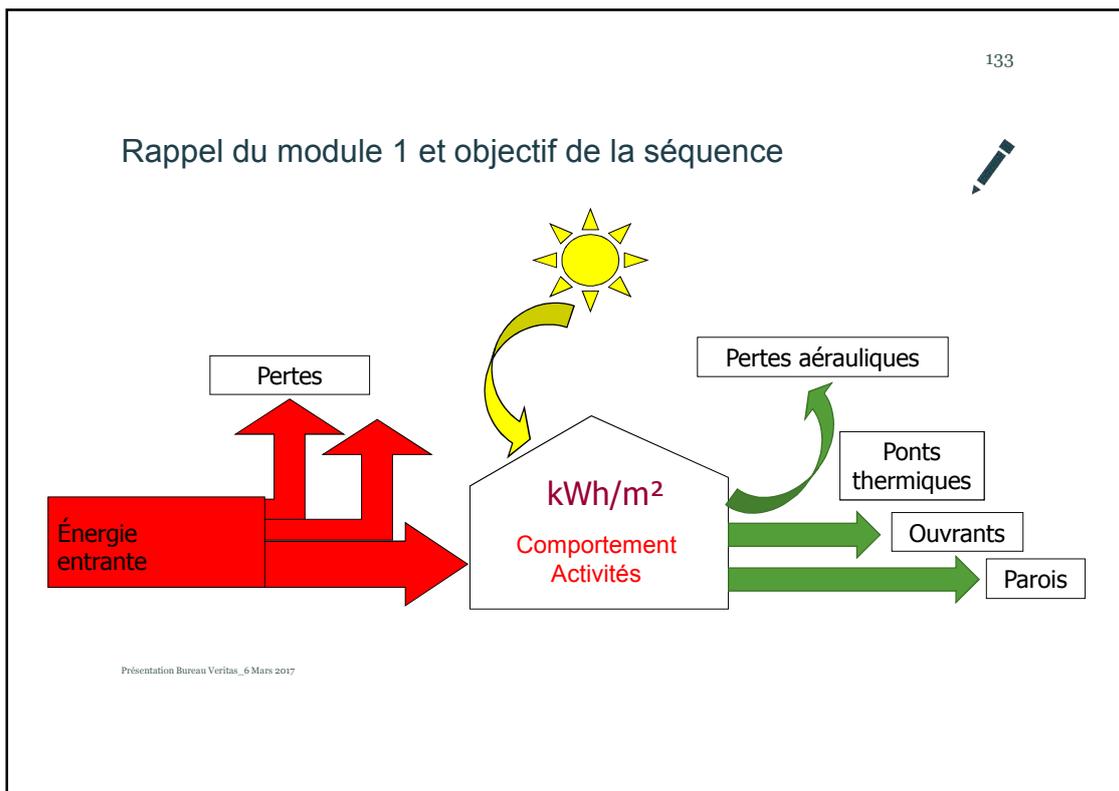
CHAUFFAGE ET CLIMATISATION

Objectif de la séquence : savoir dimensionner une installation de chauffage/climatation en fonction du bâtiment et évaluer sa consommation d'énergie future.

RÉFÉRENCES NORMATIVES :

- NM 12831 : Méthode de calcul des déperditions calorifiques de base
- NM 15265 : Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage et le refroidissement des locaux
- NM 832 : Calcul des besoins d'énergie pour le chauffage – Bâtiments résidentiels

Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017



135

Calcul des déperditions



LES DÉPERDITIONS SURFACIQUES

Les déperditions surfaciques en Watt correspondent à la somme des déperditions de l'ensemble des surfaces de l'enceinte chauffée/climatisée.

$$\text{Déperditions surfaciques}_{\text{Bâtiment}} = \Sigma (U_{\text{paroi}} \times S_{\text{paroi}} \times b_{\text{paroi}} \times \Delta T) \text{ [W]}$$

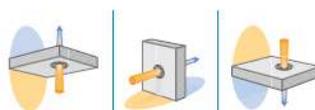
Avec :

U_{paroi} = coefficient de transmission thermique de la paroi en $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$

S_{paroi} = surface de la paroi en m^2

b_{paroi} = coefficient de prise en compte des espaces tampons éventuels

ΔT = l'écart de température entre le volume chauffé et l'extérieur



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017

Source : La thermique du bâtiment - Isover

136

Calcul des déperditions



LES DÉPERDITIONS AÉRAULIQUES

Les pertes aérauliques en Watt correspondent à l'ensemble des déperditions dues au renouvellement d'air (ventilation et défauts d'étanchéité à l'air)

$$\text{Déperditions aérauliques}_{\text{Bâtiment}} = 0,34 \times \text{Débit}_{\text{air renouvelé}} \times \Delta T \text{ [W]}$$

Avec :

0,34 correspond à la capacité calorifique de l'air [$\text{Wh/m}^3 \cdot \text{K}$]

$\text{Débit}_{\text{air renouvelé}}$ = s'exprime en [m^3/h]



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Les éléments techniques du projet de la réglementation thermique du bâtiment au Maroc - 2011

137

Exercice : Calcul des déperditions d'un bâtiment



30 min



En binôme

Correction au fur et à mesure

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

138

Comment, à partir des déperditions, évaluer le besoin énergétique ?

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

139

Les besoins instantanés

LE BESOIN DE CHAUFFAGE S'ÉVALUE À PARTIR DES DÉPERDITIONS :

$$\text{Besoins} = \text{Déperditions}_{\text{thermiques}} \times \Delta T - \text{Apports}_{\text{thermiques}}$$

Pertes surfaciques
Pertes linéiques
Pertes aérauliques

Apports solaires
Chaleur des occupants
Équipements informatiques
Éclairage

LE BESOIN DE CLIMATISATION À PARTIR DES APERDITIONS :

$$\text{Besoins} = \text{Aperditions}_{\text{thermiques}} \times \Delta T + \text{Apports}_{\text{thermiques}}$$

Apports surfaciques
Apports linéiques
Apports
aérauliques

Besoins instantanés en W

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

140

Le besoin annuel

POUR CALCULER LE BESOIN D'ÉNERGIE ANNUEL IL FAUT INTÉGRER :

- Le nombre d'heures où la température extérieure est différente de la température intérieure souhaitée
- Le nombre de Kelvin (ou °C) d'écart entre l'intérieur et l'extérieur

Ce cumul des degrés d'écart de température par rapport à la température souhaitée sur une année : ce sont les degrés-jours (DJ)

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

141

Les degrés-jours

Pour un lieu donné, le degré-jour (DJ) est une valeur représentative de l'écart entre la température d'une journée donnée et un seuil de température préétabli :

→ En chauffage : 18 ° C – temp. Ext.

→ En climatisation : temp. Ext - 21 ° c

→ Cumul des produits écarts X jours.

$$DJU = T_{\text{base}} - (T_{\text{MIN}} + T_{\text{MAX}}) / 2$$

exemple non réel

Text	T int	écart Ti - Te	nb jours concernés	degrés X jours
1	18	17	8	136
2	18	16	10	160
3	18	15	10	150
4	18	14	12	168
5	18	13	12	156
6	18	12	30	360
7	18	11	25	275
8	18	10	15	150
9	18	9	14	126
10	18	8	14	112
11	18	7	10	70
12	18	6	10	60
13	18	5	5	25
14	18	4	5	20
15	18	3	4	12
16	18	2	3	6
17	18	1	2	2
18	18	0	2	0
				2594

Source: Xales

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

RÉFÉRENCES NORMATIVES :

NM 15927 : Calcul et présentation des données climatiques

142

Exercice : Evaluation du besoin annuel



10 min



En binôme

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

143

Calcul d'aperditions



ON CALCULE LES APERDITIONS (EN W/K) DE LA MÊME MANIÈRE QUE LES DÉPERDITIONS...

On somme les aperditions :

- Surfaciques (parois vitrées et opaques)
- Linéiques (ponts thermiques)
- Aérauliques (Renouvellement d'air)

AUXQUELLES S'AJOUTENT LES PUISSANCES INTERNES :

- Eclairage
- Occupation
- Autres charges

Sources d'apports internes

Par personne :		W	g/h
assis au repos		114	37
debout au repos		128	46
assis, travail modéré		145	61
debout, travail léger		174	99
travail modéré		197	116
travail actif		232	141
travail intense		290	213
travail pénible		406	319

W/m²		W		g/h	
inc.	fluo.				
résidentiel	10				
écoles	25				
bureaux	30				
		four électrique	3 000	880	
		grille-pain	500	140	
		réfrigérateur	100	-	
		mach. à laver (5 kg)	6 000	4 320	
		fer à repasser	500	400	
		sèche-cheveux	500	230	
		ordinateur personnel	200	-	
		machine à écrire	100	-	

Estimation des apports internes

Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique - A. Liebard A. De Herde - 2005

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

144

Exercice de choix d'un équipement



20 min



En binôme

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

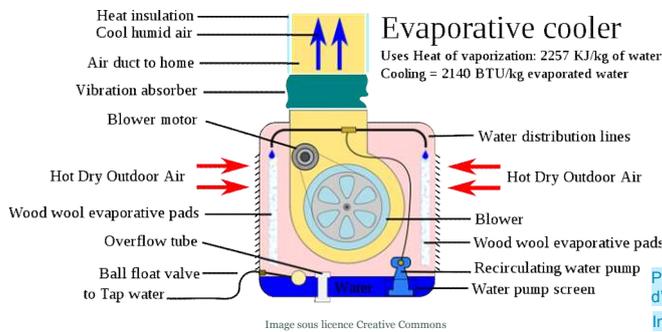
Les solutions passives et semi-passives de rafraichissement

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

Solutions de rafraichissement



LE DESERT-COOLER : aussi nommé « refroidisseur adiabatique » ou « swamp cooler » ce sont des système de rafraichissement dit adiabatique. Le principe est le suivant : l'air chaud et sec qui passe à travers un échangeur humide se rafraichit.



Aolan (Fujian) Industry Co., Ltd

Puissance limitée et dépendant du taux d'humidité de l'air entrant
 Installation en façade



Peu énergivore
 Peu couteux



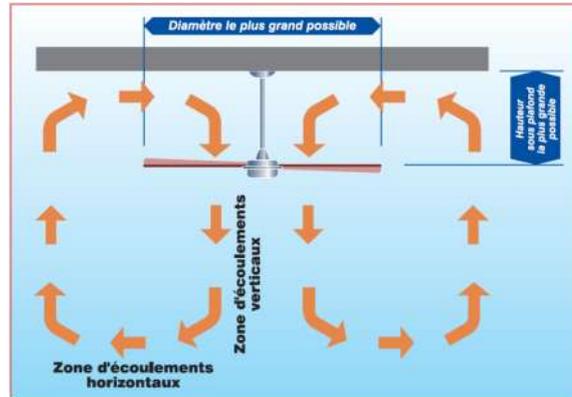
Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

147

Solutions de rafraîchissement



Le brasseur d'air :



$$V_{1m/s} \Rightarrow T_{ressentie} = T_{ambiante} - 4^{\circ}C$$

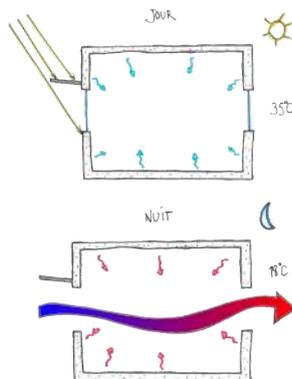
Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques – A. Liéhard, A. De Herde - 2004

148

Solution de rafraîchissement



LE FREE COOLING



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017
Source : Emenda

Efficacité dans des bâtiments à Forte inertie

- Pas de moquette mais du carrelage
 -
- Pas de cloisons légères mais des cloisons lourdes
 -
- Pas de faux plafond
- Isolation par l'extérieur

Source : Xales

149

Exercice : rafraîchissement.

La climatisation passive vs la climatisation active



20 min

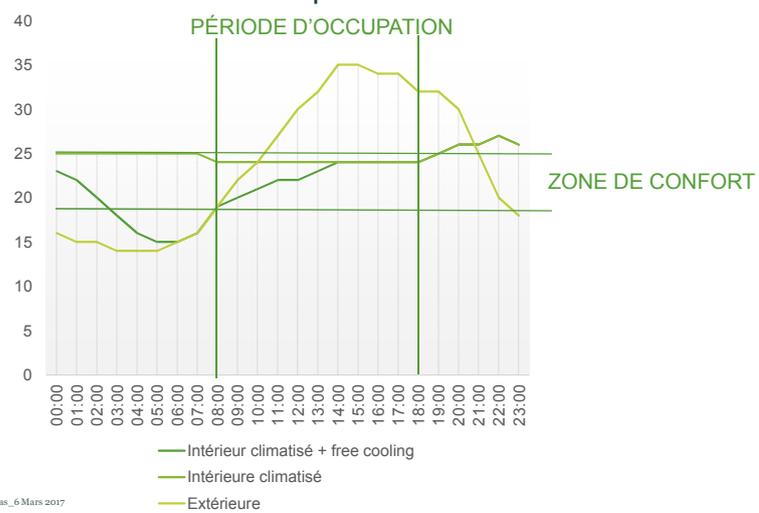


Individuellement

Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

150

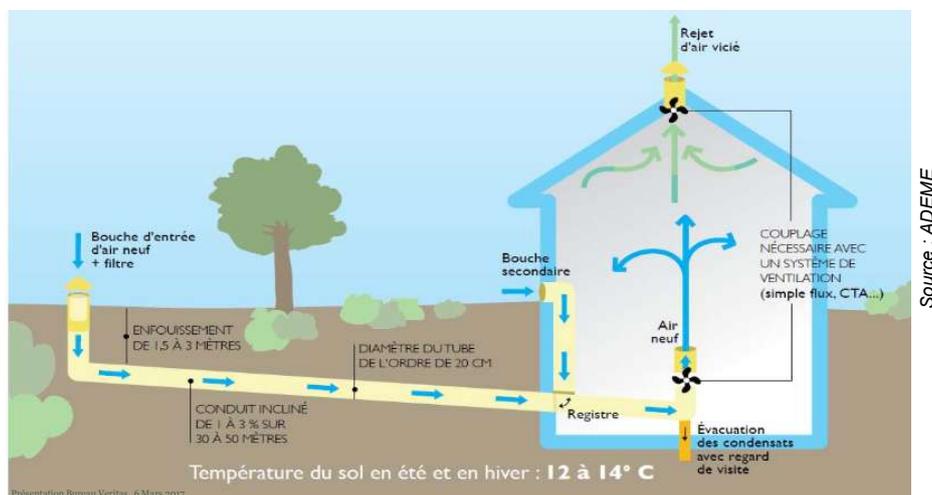
Exercice : évolution de la température



Présentation Bureau Veritas_6 Mars 2017

151

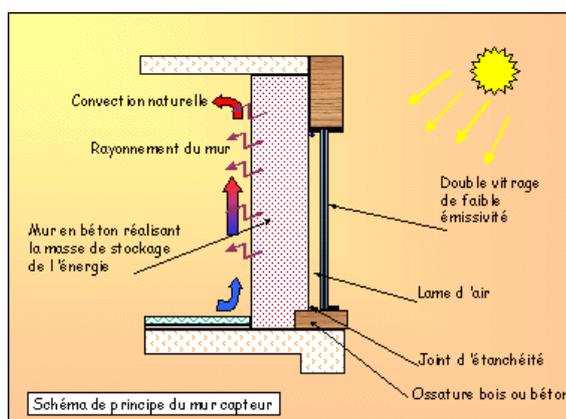
Puit climatique



152

Les murs capteurs

- Transmission de la chaleur avec un déphasage fonction de l'épaisseur du mur
- Valorisation des apports directs, s'il est associé à un vitrage simple (mur capteur en allège et vitrage au-dessus)

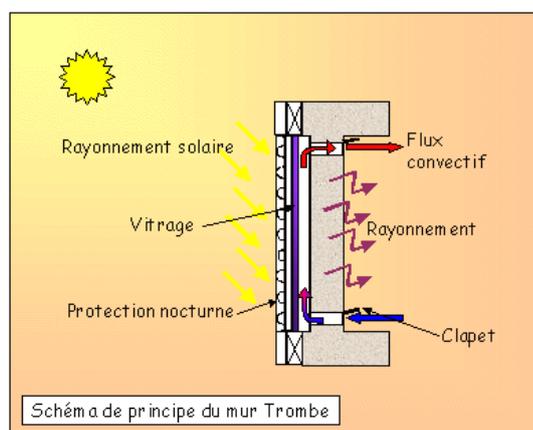


Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017

153

Les murs trombes

- Transmission directe : environ un tiers de l'énergie totalement restituée, restitution du reste de l'énergie déphasée
- Pas de fabricants de systèmes : les ouvertures doivent être faites sur mesure par le menuisier sur chaque chantier.

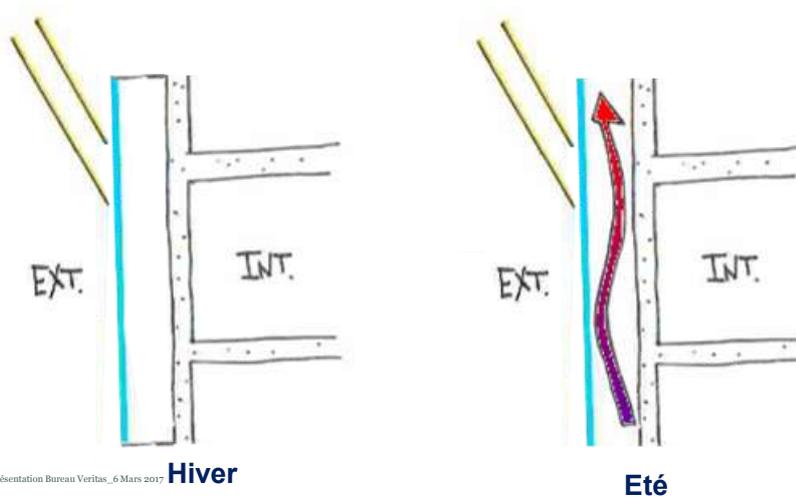


Source : ADEME

Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017

154

Les parois double-peau



Présentation Bureau Veritas, 6 Mars 2017

Source : Bureau d'études EMENDA

Plan de la formation

- I. ANALYSE DU SITE
- II. CONCEPTION BIOCLIMATIQUE DU BÂTIMENT
- III. PRINCIPES DE LA THERMIQUE DU BÂTIMENT
- IV. LA RTCM
- V. IDENTIFICATION DES BESOINS ÉNERGÉTIQUES
- VI. CHAUFFAGE ET CLIMATISATION
- VII. ETUDE DE CAS: MAÎTRISER ET CONTRÔLER LA MISE EN ŒUVRE DU RTCM ET PRISE EN MAIN DES LOGICIELS BINAYATE PRESCRIPTIVE, BINAYATE 3D ET BINAYATE PERFORMANTIELLE

FORMATION PRATIQUE SIMULATION ENERGETIQUE DE BATIMENT

(Utilisation de l'outil de simulation BINAYATE PRESCRIPTIVE, BINAYATE 3D et BINAYATE Performantielle)

ETUDE DE CAS

Bâtiment résidentiel normale et à énergie positive à Casablanca

Voir fichier attaché



**BUREAU
VERITAS**

Move Forward with Confidence*

Avançons en confiance