

Economie d'énergie dans le secteur du bâtiment : Matériaux et innovations technologiques

1. Problématique Générale

Le bâtiment consomme de l'énergie lors de la fabrication des matériaux (ciment, brique, sable, carrelage, ...) et lors de son cycle de vie. Selon les statistiques mondiales, le bâtiment existant consomme plus de 40% de l'énergie, sans compter la consommation énergétique des matériaux, et se trouve donc au cœur des enjeux de la lutte contre le réchauffement climatique.

Pour la Tunisie, la consommation énergétique du secteur du bâtiment font ressortir les tendances suivantes (voir tableau ci-dessous¹):

- En 2010, le taux de croissance de la consommation énergétique du secteur du bâtiment (Résidentiel + tertiaire) dépasse le taux de croissance de la consommation totale pour les périodes 1992-2001 (de même pour les prévisions de 2020).
- La part de la consommation énergétique du secteur du bâtiment passerait successivement de la 3ème position, après les secteurs industriel et du transport, à la deuxième position en 2010 et à la première position à l'horizon 2020.

Le bâtiment est donc un gisement important d'économie d'énergie pouvant créer une dynamique d'innovation et d'employabilité.

Pour réduire la consommation énergétique du secteur du bâtiment, il est important de :

- Cataloguer la consommation énergétique des matériaux de construction, de remédier aux causes et de pénaliser les produits énergivores.
- Réduire la consommation énergétique durant le cycle de vie du bâtiment et cela par une utilisation des techniques et des matériaux nouveaux et innovants.

2. Axes prioritaires

Les axes prioritaires de recherche associés à l'économie de l'énergie dans le secteur du bâtiment sont :

- ✓ Matériaux de construction : Caractérisation, étude et réglementation
- ✓ Technologies et innovations pour une construction durable
- ✓ Consommation Energétique des bâtiments

¹ Évolution de la consommation finale des énergies conventionnelles 1992-2020(*)

Secteur	Consommation énergétique en [Ktep]								Facteur de croissance		
	1992	%	2001	%	2010	%	2020	%	1992	1992	1992
Industrie	1388	37%	1861	35%	2712	30%	3664	27%	1,34	1,95	2,64
Transport	1139	31%	1681	32%	2879	32%	4301	31%	1,48	2,53	3,78
Résidentiel et tertiaire	902	24%	1338	26%	2829	32%	4991	36%	1,48	3,14	5,54
Agriculture	280	8%	365	7%	549	6%	719	5%	1,31	1,96	2,57
Total	3708	100%	5245	100%	8969	100%	13675	100%	1,41	2,42	3,69

(*)Sources :

1. Pour les années 1992 et 2001; Observatoire National de l'Energie (ONE).

2. Pour projections 2010 et 2020; "Communication Initiale de la Tunisie à la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques" Ministère de l'Environnement et de l'Aménagement du Territoire – Octobre 2001 (d'après scénario de référence)

2.1. Axe 1 : Matériaux de construction : Caractérisation, étude et réglementation

2.1.1. Problématique

Un projet de construction, qu'il s'agisse de construire un bâtiment neuf ou d'intervenir sur un bâtiment existant, fait nécessairement appel à des matériaux dont l'élément principal d'appréciation est la fonction constructive. Or les propriétés mécaniques, thermiques, phoniques, ... ne sont pas considérées au niveau des cahiers de charges des fabricants et des constructeurs. L'architecte, l'ingénieur, le maître d'œuvres, ... fondent leurs espoirs sur le postulat que les matériaux remplissent correctement le rôle qui leur est impartis sans se soucier de (et sans avoir aucune indication sur):

- La consommation énergétique des matériaux lors de la fabrication
- La caractérisation physico-chimique des principaux matériaux utilisés
- L'utilisation des nouveaux matériaux et la valorisation des déchets dans un objectif d'économie d'énergie

2.1.2. Thématiques de recherche

2.1.2.1. La consommation énergétique durant la phase de fabrication

En plus de la consommation énergétique **directe** des bâtiments, qui a une incidence financière concrète que l'on peut facilement quantifier, il est nécessaire de quantifier aussi l'énergie nécessaire à la fabrication, au transport et à l'élimination ou au recyclage des matériaux, désignée couramment par **l'énergie grise** qui est dépensée lors de :

- la conception du produit ou matériau
- l'extraction et le transport des matières premières
- la transformation des matières premières et la fabrication du produit
- la commercialisation du matériau
- l'usage ou la mise en œuvre du matériau
- le recyclage du matériau

A travers cette énergie, on peut classer les matériaux et choisir les plus respectueux de l'environnement. Elle va bien au-delà de la simple évaluation des possibles économies d'énergie que le grand public est habitué à comparer lors de l'achat d'un produit consommateur d'énergie.

Ainsi, et à titre d'exemple, l'énergie grise pour un bloc de terre crue s'établit à 220 kWh/tonne tandis qu'elle est de 33 700 kWh/tonne pour l'aluminium.

L'objectif de cette thématique est la détermination de l'énergie grise des matériaux de construction les plus utilisés, l'étiquetage énergétique des matériaux à l'achat, d'encourager l'utilisation des matériaux locaux peu ou non transformés (pouvant répondre aussi aux exigences modernes de la construction tels que les briques cuites, le ciment, la céramique et les isolants), la labellisation « éco-matériaux » des matériaux.

2.1.2.2. La caractérisation des principaux matériaux utilisés

Pour remplir à la fois la fonction constructive, la maîtrise du coût, l'économie d'énergie, le respect des principes du développement durable, ... une connaissance des propriétés physico-chimiques permettent de mieux apprécier et choisir car il n'est pas possible de tout demander en même temps à un matériau. Des analyses de caractérisation des matériaux (mécaniques, physiques, chimiques, minéralogiques, conductivité thermique, toxicité, ...) s'avèrent donc nécessaires pour permettre de faire des choix judicieux.

Il devient alors primordial de procéder à une classification énergétique et écologique des principaux matériaux de construction, tout en se référant aux caractéristiques physicochimiques des principaux matériaux utilisés tels que :

- **Le plâtre** : pour une utilisation sous les différentes formes possibles : enduit, cloisons, mur extérieures, panneaux, ... et avec les différentes techniques de mise en œuvre.

- **La pierre** (naturelle ou reconstituée)
- **L'argile** : c'est un matériau local très disponible dont les procédés de synthèse ont l'avantage d'être écologiques, avec une faible émanation de gaz à effet de serre, non énergivores,...
- **Le sable de concassage** : comme un matériau de remplacement et répondant à la pénurie du sable dans plusieurs régions.
- Les matériaux locaux : chaux naturelle, gypse, terre stabilisée, céramique, ...

La finalité serait de :

- Procéder à un étiquetage des principaux matériaux de construction et de ne réceptionner sur chantier que les produits avec un marquage.
 - Procéder à des choix des matériaux les plus performants et les plus appropriés sur la base d'une connaissance pertinente et significative des matériaux.
- (voir fiches annexes)

2.1.2.3. Les matériaux de substitution et la valorisation des déchets :

Vu la difficulté qu'a un nouveau produit de percer dans le marché de la construction, il est nécessaire de définir une stratégie pour encourager les innovations permettant surtout une réduction de la consommation énergétiques. Un intérêt particulier devait être orienté vers les matériaux valorisant les déchets ou utilisant les matériaux de substitution permettant de limiter l'émission de gaz à effet de serre et économisant :

- Les matières premières naturelles non renouvelables,
- Les énergies fossiles (pétrole, charbon, etc.),
- Diversifier les ressources en énergie et donc de réduire les besoins de consommations énergétiques des bâtiments en étant moins dépendant du cours des combustibles traditionnels,
- Rendre service à la collectivité en recyclant des déchets qui auraient dû être traités et éliminés.

A titre d'exemples, on peut citer l'utilisation des produits suivants:

- ✓ Les géopolymères
- ✓ les fibres végétales (alpha, palmier, ...)
- ✓ Les sédiments marins sont aussi une source considérable de matériaux de substitution.
- ✓ le phosphogypse comme un matériau dégraissant remplaçant une partie du sable dans la fabrication des briques cuites
- ✓ substitution de roches dures concassées à des sables et graviers alluvionnaires dont les réserves s'épuisent ou sont stérilisées par des contraintes d'environnement
- ✓ Les déchets de la construction de textiles, ...
- ✓ Les granulats légers par la réutilisation des pneus usés
- ✓ Pour la production de ciment le recyclage des déchets riches en Al_2O_3 , CaO , Fe_2O_3 , SiO_2 pour composer un matériel de substitution homogène et constant, qui est utilisé dans la production de ciment. Les déchets typiques pour cette application dérivent des industries suivantes de fer, acier, fonderie, pétrochimique, traitement des eaux, production papier etc.
- ✓ ...

Ces produits et ces techniques sont obtenus par des procédés de synthèses permettant d'avoir des matériaux écologiques, économes et à coût maîtrisé.

2.1.3. Objectifs

- ✓ Classification des matériaux selon leur énergie grise
- ✓ Optimisation des ressources naturelles non renouvelables,
- ✓ la gestion des déchets et leur valorisation dans les matériaux.
- ✓ Réduction des émissions de CO2 et protection de l'environnement urbain.
- ✓ Faire valoir un savoir et un savoir-faire local en construction durable sur la base d'une maîtrise des caractéristiques des matériaux.

2.1.4 Résultats attendus

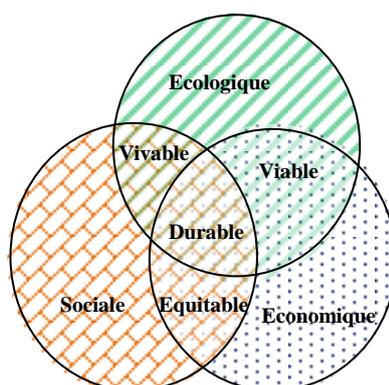
Les résultats attendus sont essentiellement :

- ✓ une classification énergétique, durant la phase de la fabrication, des différents matériaux utilisés par le secteur de la construction
- ✓ une classification « éco-matériaux », durant le cycle de vie des différents matériaux utilisés par le secteur de la construction
- ✓ un guide d'information sur l'énergie grise des différents matériaux couramment utilisés
- ✓ en se basant sur les classifications ci-dessus, des normes seront proposées, des classifications selon des critères seront définies et des labels peuvent en sortir.

2.2. Axe 2 : Technologies et innovations pour une construction durable

2.2.1. Problématique

Entre une construction écologique, vivable, viable, sociale, équitable, ou économique, le coût de la construction et la consommation énergétique durant son cycle de vie sont totalement différents ; et chacune s'adresse à une clientèle différente. L'intersection entre ces différentes terminologies est la construction Durable (avec différents niveaux) qui respecte un certain nombre d'exigences aboutissant à une économie d'énergie socialement supportable et économiquement viable.



2.2.2. Objectifs

La réduction de la consommation énergétique des bâtiments, l'un des piliers du bâtiment durable, passe donc par les objectifs suivants :

- ✓ La promotion des technologies existantes et la recherche des techniques nouvelles et innovantes d'économie d'énergie pour les bâtiments neufs.
- ✓ La maîtrise des outils pour mettre en œuvre une offre globale d'amélioration énergétique des bâtiments existants.
- ✓ La mise en place d'outils de Diagnostic de Performance Energétique (DPE)
- ✓ La maîtrise des techniques de mise en œuvre des produits et procédés d'amélioration énergétique des bâtiments.
- ✓ La mise en œuvre.
- ✓ L'information et la formation des intervenants du secteur.
- ✓ Classification et labellisation des bâtiments
- ✓ ...

2.2.3. Thématiques de recherche

- ✓ Optimisation et synergie entre les différents matériaux et techniques existants :
Il s'agit de tester et évaluer les performances énergétiques des techniques et des matériaux de construction couramment utilisés ainsi que celles des nouvelles techniques (préfabrication, béton cellulaire, béton léger, double vitrage, entrevous en polystyrène ou en béton de polystyrène, ...).
Pour chaque type de bâtiment (individuel, collectif, administratif, tertiaire, social, haut standing, ...) proposer un ensemble de techniques permettant une économie d'énergie avec un chiffrage de la participation de chacune.
Il est important d'encourager les techniques respectant la notion de développement durable et de mesurer l'impact socioéconomique des différentes mesures.
- ✓ Outils pour mettre en œuvre une offre globale d'amélioration énergétique des bâtiments existants

En se basant sur les résultats de la thématique « Optimisation et synergie entre les différentes techniques existantes », et sur un Diagnostic de Performance Energétique, il s'agit de présenter les outils pour mettre en œuvre une offre d'amélioration énergétique des bâtiments existants.

Ceci inclut les outils de diagnostic (Outils pour le Diagnostic de Performance Energétique (DPE)), les outils de simulation, et les outils d'intervention sur les produits existants.

Le DPE donne aux utilisateurs des conseils de comportement pour la maîtrise de l'énergie au quotidien.

Le DPE recommande les travaux les plus efficaces pour économiser l'énergie : isolation de qualité, équipements de chauffage, de production d'eau chaude, de ventilation... plus performants et moins énergivores, recours aux énergies renouvelables

✓ Démarches pratiques pour une construction durable

La construction durable (respectant les objectifs de la Haute Qualité Environnementale (en tant que notion et pas label), HQE², et le Développement Durable, DD³), est à la fois une notion claire, sur les plans idéologique et politique, et ambiguë (se prêtent à des différentes interprétations) sur le plan technique. Il est important de préciser les mesures applicatives de la construction durable pour aboutir à une économie d'énergie et atteindre des objectifs suivants :

- Des économies pour les usagers et un meilleur confort (bruit, santé).

² - *Il n'est pas simple de donner une définition de la Haute Qualité Environnementale car il ne s'agit pas d'une nouvelle norme, ni d'un label supplémentaire. La HQE, est d'abord une démarche, celle de management de projet" visant à limiter les impacts d'une opération de construction ou de réhabilitation sur l'environnement tout en assurant à l'intérieur du bâtiment des conditions de vie saines et confortables. Esthétique, confort, agrément de vie, écologie, durabilité: la Haute Qualité Environnementale prend en compte la globalité, joue le développement durable et représente ainsi l'état le plus avancé de l'art de construire. Un bâtiment conçu, réalisé et géré selon une démarche de qualité environnementale possède donc toutes les qualités habituelles d'architecture, de fonctionnalité, d'usage, de performance technique et autres que l'on est en droit d'attendre. Mais en plus, ses impacts sur l'environnement ont été durablement minimisés. Cela, aussi bien par le choix des matériaux de construction, que par la prise en compte de la maintenance du bâtiment, éventuellement même de sa déconstruction et, surtout, par les économies d'énergie qu'il permet et qui limiteront l'accroissement de l'effet de serre dont est menacée la planète.*

³ - *Le « Développement durable » (ou développement soutenable) est, selon la définition proposée en 1987 par la commission mondiale sur l'environnement et le développement dans le Rapport Brundtland :*

« Un développement qui répond aux besoins des générations du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs. Deux concepts sont inhérents à cette notion : le concept de "besoins", et plus particulièrement des besoins essentiels des plus démunis, à qui il convient d'accorder la plus grande priorité, et l'idée des limitations que l'état de nos techniques et de notre organisation sociale impose sur la capacité de l'environnement à répondre aux besoins actuels et à venir. »

Il s'agit, en s'appuyant sur des valeurs (responsabilité, participation et partage, débat, partenariat, innovation...) d'affirmer une approche double et conjointe :

- *Dans l'espace : chaque habitant de cette terre a le même droit humain aux ressources de la Terre ;*
- *Dans le temps : nous avons le droit d'utiliser les ressources de la Terre mais le devoir d'en assurer la pérennité pour les générations à venir.*

Le développement durable est le souci de prendre en compte et de protéger l'environnement, les ressources naturelles et de lutter contre la pollution, et cela nous amène à un nouveau comportement : garantir le bien être actuel sans compromettre celui des générations futures.

L'objectif du développement durable est de définir des schémas viables et conciliant les trois aspects économique, social, et environnemental des activités humaines ; « trois piliers » à prendre en compte, par les collectivités comme par les entreprises et les individus :

A ces trois piliers s'ajoute un enjeu transversal, indispensable à la définition et la mise en œuvre de politiques et d'actions relatives au développement durable : la gouvernance. La gouvernance consiste en la participation de tous les acteurs (citoyens, entreprises, associations, élus...) au processus de décision. La gouvernance est une forme de démocratie participative.

- Une réduction du coût global des bâtiments.
- Des économies de ressources non renouvelables (énergie, eau, matières premières,...)
- Une activité économique nouvelle ou supplémentaire et donc des emplois.
- Un accroissement de la qualification des entreprises.
- Une politique de redistribution sociale.
- La contribution à la lutte contre l'effet de serre.
- une éducation à l'environnement.
- Un partenariat accru entre la ville et les professionnels du bâtiment.
- Une association de la politique de la ville et de la politique environnementale.

Un intérêt particulier sera dirigé vers une gestion durable des chantiers. En effet, un chantier de construction génère inévitablement des déchets et des nuisances sur l'environnement. Il s'agit de rechercher les outils et les techniques pour avoir des chantiers « respectueux de l'environnement », de présenter un plan de réduction des nuisances et un plan de gestion des déchets au bénéfice des riverains, des ouvriers et de l'environnement.

2.2.4. Résultats attendus

- ✓ En fonction de la classe des bâtiments, un ensemble de techniques sera recommandé après avoir testé et comparé, par simulation numérique, les différentes techniques (nouvelles, innovantes et durables) aboutissant à des combinaisons technologiques (pour des différentes classes de construction) permettant une optimisation et une synergie des différentes techniques existantes
- ✓ Outils d'une offre globale d'amélioration énergétique des bâtiments
- ✓ outils d'évaluation des performances énergétiques d'un bâtiment
- ✓ La mise en place d'un dispositif de Diagnostic de Performance Energétique (DPE),
- ✓ La maîtrise des techniques de mise en œuvre des produits et procédés d'amélioration énergétique des bâtiments
- ✓ Outils pédagogiques de formation et d'information

En se basant sur les résultats des 3 thématiques ci-dessus, il est important de diffuser l'information en fonction de la source réceptrice. En effet les actions suivantes seront conduites :

- ✓ Un support pédagogique pour les élèves de la formation professionnelle
- ✓ Des dépliants pour les particuliers
- ✓ Des dépliants pour les promoteurs et les services de l'état
- ✓ Etiquetage, réglementation, mesure d'accompagnement, labellisation
- ✓ Guide pratique pour une construction durable

2.3. Axe 3 : Consommation Energétique des bâtiments existants

2.3.1. Problématique

L'analyse de la consommation des bâtis existants permet d'identifier les sources de consommation inutiles et les moyens de remédier. Cette problématique, en complémentarité avec les deux premières permettent une analyse complète du problème de la consommation d'énergie dans le secteur du bâtiment.

On se propose d'étudier les consommations énergétiques des bâtiments existants des secteurs résidentiel et tertiaire.

Pour identifier les consommations globales et par usage d'une part, et le potentiel d'économie en énergie d'autre part, un suivi de la consommation énergétique, à travers des campagnes de mesures ciblées s'avère indispensable.

2.3.2. Démarche et objectif

Cette étude passe par :

- Etape1 : Sélection d'un échantillon de logements représentatifs en termes de standing, exploitation et contexte climatique
- Etape2 : Mise en place d'un système d'acquisition et de suivi in situ fiable et continu sur la période sélectionnée
- Etape 3 : Stockage, traitement et analyse des données en vue d'une analyse fiable des incidences des améliorations introduites au niveau des opérations ciblées.

Le schéma suivant retrace les étapes de la mission, les techniques d'intervention et les résultats escomptés au terme de chaque étape

CADRAGE DE L'ETUDE

Etape1 : SELECTION D'UN ECHANTILLON DE LOGEMENTS ET DEMARCHE PRELIMINAIRE

Visites sur site pour la sélection des logements et juger sur site les difficultés d'intervention en concertation avec les usagers et évaluer la complexité des circuits ou réseaux

Implication des organismes public ou privé en vue d'accorder les autorisations nécessaires afin de sensibiliser les usagers en vue d'une meilleure implication dans la conduite de la campagne de mesures

Discussion avec les parties prenantes sur la typologie des appareils de mesures, les données collectées et la représentativité des mesures et diagnostic

ETAPE 2 : MISE EN PLACE DE la campagne de relevés et mesures

- Repérer les circuits et identifier le comportement des usagers
- Identification claire des paramètres mesurés avec le pas de temps correspondant
- Définition précise du mode de collecte des données et la périodicité des transmissions
- Définir une chaîne de traitement de données et les paramètres à mettre en relief
- Mise en œuvre d'investigations qui seront conduites sur terrain en complément de la campagne de mesures.
- Collecte mensuelle des données et rédaction des rapports de suivi.

Etape 3 : STOCKAGE, TRAITEMENT ET ANALYSE DES DONNEES

- Mise en place d'outils permettant d'abord la mise en base, puis le filtrage et le nettoyage des données afin d'éliminer ce qui est anormal
- assurer l'ensemble des fonctions de mise en base de données, de traitement et de visualisation des données
- Identifier les consommations et évaluer les économies