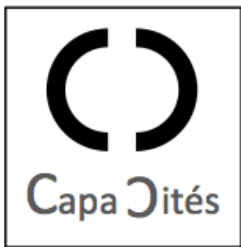


Rapport Final du projet CapaCités

des Concepts aux Actions pour l'Adaptation des Cités



Rédaction : Marion Bonhomme, Maja Karoline Rynning, Serge Faraut

Juillet 2017

N° de contrat : 1417C0003

Projet de recherche coordonné par le Laboratoire de Recherche en Architecture (LRA)

Appel à projets de recherche : APR MODEVAL URBA 2014

Coordination technique : *Solène Marry* – Direction \Service : *Organisation urbaine*



ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Energie

1. Table des matières

1. Table des matières	3
1. Résumé.....	4
2. Contexte et enjeux du projet	5
3. Méthodologie générale	6
3.1. Tâche 1 « État des lieux des savoirs et savoirs faire des professionnels »	6
3.2. Tâche 2 « Mise au point d'un prototype d'outil d'aide à la conception »	6
3.3. Tâche 3 « Diffusion et retour d'expériences »	7
4. Détail du travail effectué pour chaque sous-tâches.....	8
4.1. Méthode de la tâche 1 : État des lieux des savoirs et savoirs faire des professionnels	8
4.2. Résultats de la tâche 1 : État des lieux des savoirs et savoirs faire des professionnels	15
4.3. Tache 2 : Méthode et résultats	34
4.4. Tache 3 : Méthode et résultats	54
5. Communications.....	56
6. Annexes	58
7. Bibliographie	59

1. Résumé

Les thématiques du développement urbain durable sont nombreuses et complexes. Malgré la multiplication des savoirs et des outils en lien avec ces problématiques, leur prise en compte dans la pratique opérationnelle des projets urbains reste difficile. L'une des raisons est le décalage qui existe entre les réponses apportées par les scientifiques et les **pratiques des concepteurs**. En outre, les savoirs issus de l'expérience et de l'intuition des professionnels de l'aménagement urbain demeurent peu intégrés aux outils.

L'objectif de ce projet de recherche est de proposer un prototype d'outil d'aide à la conception pour les professionnels de l'aménagement urbain qui réponde à ces deux problèmes.

Pour favoriser l'interdisciplinarité, cet outil sera la synthèse de plusieurs années de recherches menées par des membres de nos équipes de recherches sur les thématiques : (1) des consommations énergétiques, (2) de la production d'énergies renouvelables et (3) du microclimat urbain.

Le deuxième objectif sera centré sur l'appropriation d'un tel outil par les professionnels. Dans cette optique, une série de questionnaires, d'entretiens et d'ateliers sera menée auprès de professionnels de l'aménagement urbain dans le but de mieux cerner leurs modes d'appropriation et d'exploitation des données produites par la recherche et les outils existants. En plus de faire un état des lieux sur les modes de conception des praticiens, cette étape permettra d'identifier des pistes pour l'intégration d'autres formes de savoirs à un outil d'aide à la conception multicritère.

Le prototype d'outil développé sera testé par des professionnels de la conception urbaine et par des étudiants de l'école d'architecture de Toulouse.

2. Contexte et enjeux du projet

« L'ironie veut que notre modèle d'habitat – Les villes – soit le plus grand prédateur de l'écosystème » (Rogers, 2000). Bâtiments, transports, industries, ... On sait depuis plusieurs décennies que les villes sont les plus grandes consommatrices d'énergie et les premières responsables des émissions de gaz à effet de serre.

On sait également que ces mêmes cités peuvent être le remède aux maux qu'elles provoquent car, selon un consensus partagé depuis plusieurs années au sein de la communauté scientifique, les villes permettent de limiter l'impact de l'homme sur son environnement (Maïzia et al., 2009; Steemers, 2003).

Ainsi, durant les dernières décennies, les recherches sur les bâtiments économes en énergie se sont développées. Plus largement, les problématiques de l'énergétique urbaine¹ ont été amplement questionnées. Cependant, la plupart de ces études ne prennent en compte qu'une partie des facteurs impactant les consommations énergétiques de la ville, soit les consommations liées au chauffage, soit celles liées aux déplacements, rarement les deux simultanément. Par ailleurs, on sait désormais l'importance des interactions entre morphologie urbaine et microclimat (Oke, 1988; Pigeon, Lemonsu, Masson, & Hidalgo, 2008) ou encore l'impact que peut avoir la forme urbaine sur la production d'énergies renouvelables (Alzoubi & Alshboul, 2010; Arantes, Baverel, & Quenard, 2012; Bourbia & Awbi, 2004; Knowles, Berry, & Solar Energy Research Institute, 1980; Montavon, 2010).

Les concepteurs se trouvent donc face à une problématique cruciale mais complexe, pour laquelle peu d'outils performants existent. Les outils d'évaluation existants présentent en effet des limites :

- D'une part, rares sont les outils qui convoquent suffisamment de disciplines pour rendre compte des interactions complexes entre systèmes urbains.
- D'autre part, les données produites par ces modèles sont souvent peu compatibles avec les attentes et les besoins des praticiens.

En ce sens, notre objectif est de proposer un outil d'aide à la conception qui permettrait aux concepteurs (architectes, urbanistes) d'intégrer l'adaptation et l'atténuation du changement climatique à leur pratiques.

¹ **L'énergétique urbaine** (Maïzia, 2007) est un terme issu de l'énergétique c'est à dire l'ensemble des sciences et techniques de la production de l'énergie, de ses emplois et des conversion de ses différentes formes. A l'échelle urbaine, l'énergétique désigne donc :

- la production de l'énergie,
- sa consommation par les bâtiments, les transports, les procédés industriels, l'éclairage public, les matériaux de construction, etc.
- sa transformation en chaleurs au travers de ces différents procédés et les impacts de ce processus sur le confort à l'intérieur des bâtiments,
- son interaction avec le climat (microclimat urbain), les impacts de ce processus sur le confort à l'extérieur des bâtiments et les rétroactions de ce processus sur les éléments cité précédemment.

3. Méthodologie générale

Le diagramme ci-dessous donne une vue générale du déroulement des tâches envisagées.

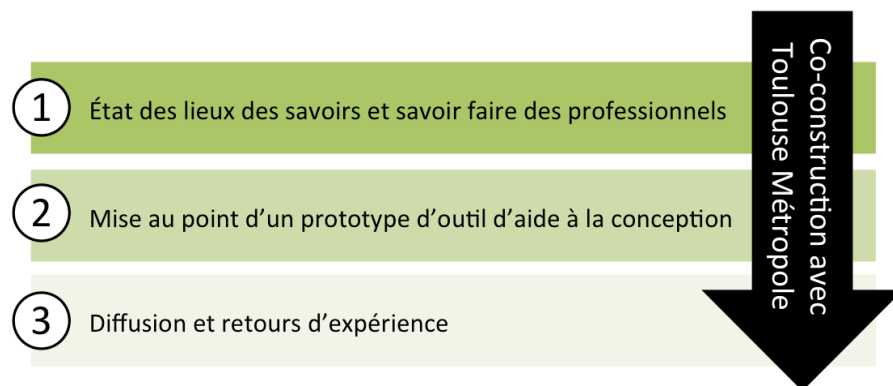


Figure 1 : Organisation générale du projet

3.1. Tâche 1 « État des lieux des savoirs et savoirs faire des professionnels »

La première année et demi de CapaCités s'est axée autour de la tâche 1 « État des lieux des savoirs et des savoir-faire des professionnels de l'aménagement urbain », elle même divisée en trois sous-tâches :

- 1.1. Questionnaires
- 1.2. Ateliers participatifs
- 1.3. Mise au point d'un cahier des charges

Ces sous-tâches sont détaillées dans les chapitres 4.1 et 4.2.

Cette première tâche a fait l'objet d'un article publié dans une revue internationale (voir [Annexe 1](#) pour l'article complet) ainsi que de plusieurs articles de conférences (voir chapitre 5 pour la liste des publications).

3.2. Tâche 2 « Mise au point d'un prototype d'outil d'aide à la conception »

La deuxième phase du projet CapaCités est centrée sur la mise au point d'un prototype. Les résultats de la tâche précédente nous ont amenés à questionner la pertinence d'un outil tel qu'il avait été imaginé au début du projet. Comme on a pu le voir dans le rapport intermédiaire n°1, les concepteurs s'appuient avant tout sur leurs expériences et leurs connaissances pour concevoir un projet et y intégrer des contraintes environnementales. Ainsi, nous pensons que la formation des concepteurs est indispensable et doit faire partie intégrante de notre proposition.

L'outil que nous proposons est donc un outil pédagogique, qui servira de support à de la formation en ligne et à des ateliers de formation. L'outil est calqué sur les différentes phases de conceptions d'un projet urbain.

Par ailleurs, le processus de conception basé sur l'utilisation de solutions concrètes ou de précédents étant l'un des plus fréquents, nous pensons qu'un outil proposant et analysant des projets existants (éco-quartiers, ZAC, aménagement d'espaces publics, etc.), pourrait être une aide à la conception et une manière efficace de traduire des connaissances scientifiques à des praticiens.

Réciproquement, l'analyse de ces projets pourrait permettre de faire émerger des savoirs issus des concepteurs. Dans cette optique, nous proposons une base de données qui pourrait évoluer au cours du temps.

Les tâches découlant de ces choix sont donc les suivantes :

- 2.1. Construction d'un formulaire d'analyse de site
- 2.2. Constitution d'une base de connaissances sur les leviers d'action
- 2.3. Constitution d'une base de connaissances sur les projets exemplaires
- 2.4. Développement de l'interface web de l'outil ([tâche en cours](#))
- 2.5. Mise au point d'une charte graphique
- 2.6. Élaboration d'un programme de formation pour les professionnels

Ces sous-tâches sont détaillées dans le chapitre 4.3.

Cette deuxième tâche a fait l'objet d'un article qui sera publié dans les actes d'une conférence internationale suite à une présentation qui a eu lieu en juillet 2017 ([voir Annexe 2](#) pour l'article complet et chapitre 5 pour la liste des publications et conférences).

3.3. Tâche 3 « Diffusion et retour d'expériences »

Bien que le développement de l'outil soit encours de finalisation, nous avons eu l'occasion d'en présenter les bases à plusieurs occasions :

- Lors de colloques scientifiques (voir chapitre 5)
- A des étudiants en architecture : à l'ensemble des étudiants de ENSA de Toulouse lors des journées de la recherche (21 au 25 mars 2016) sous forme d'un poster et d'une conférence et à des étudiants de 4^{ème} années lors d'un cours et d'un TD dédié (les 8 et 22 mars 2016)
- Lors de réunions avec des représentants de professionnels de la conception urbaine : l'Institut de la Ville (15 décembre 2015 et 25 mars 2016), l'APUM (15 décembre 2015 et 25 mars 2016) et l'ordre des Architecte (14 décembre 2015 et 25 mars 2016)
- Lors d'un **atelier d'évaluation d'une première version de l'outil** par des professionnels de la conception urbaine et des étudiants architectes (30 mars 2017) qui sera détaillé dans le chapitre 4.4.

Ces échanges nous ont permis d'affiner la structure de l'outil et son contenu.

4. Détail du travail effectué pour chaque sous-tâches

4.1. Méthode de la tâche 1 : État des lieux des savoirs et savoirs faire des professionnels

4.1.1. Méthode de la sous-tâche 1.1. « Questionnaires »

Les entretiens initialement prévus ont été remplacés par un sondage électronique diffusé aux professionnels afin de bien cerner leurs pratiques et leurs besoins en termes de connaissances et d'outils. L'objectif était de toucher le plus grand nombre possible de praticiens afin de mieux rendre compte de la diversité des pratiques. La conséquence de choix méthodologique est la collecte de données plus « quantitatives ». Cependant, la tâche 1.2. a permis de compléter cette approche par un dialogue direct avec les urbanistes.

L'objectif du questionnaire était d'identifier :

- les problématiques environnementales actuellement considérées par les professionnels de l'aménagement de la région toulousaine,
- la catégorie et le format des données qu'ils utilisent régulièrement dans leur pratique,
- les outils qu'ils emploient parfois (aide à la conception, aide à la décision, référentiel, outil de validation, de visualisation et de présentation, etc.),
- la phase du projet à laquelle ils y recourent (diagnostic ou conception) et
- les principales qualités et défauts de ces outils.

Une première série d'échanges ont été menées auprès de deux associations professionnelles de la région toulousaine, nommément l'Association des Professionnels de l'Urbanisme de Midi-Pyrénées (APUMP) et le Conseil régional de l'Ordre des Architectes de la région Midi-Pyrénées (CROAMP). Ces échanges ont permis de tester une première version du questionnaire et de mettre au point sa version définitive.

Avant la diffusion du questionnaire, la démarche de CapaCités a été présentée lors d'évènements locaux autour de l'urbanisme :

- Distribution d'une plaquette et du questionnaire lors des échanges urbaines : 4^{ème} rencontres inter-régionale de l'urbanisme le 4 décembre 2014.
- Présentation du projet CapaCités au CMAV (Centre Méridional de l'Architecture et de la Ville) le 6 janvier 2015.

Ensuite, l'APUMP et le CROAMP ont été mobilisés pour contacter le plus grand nombre de professionnels de ces domaines dans la région. Une première lettre, accompagnée d'une fiche descriptive du projet a été acheminée par courriel à la fin du mois de janvier 2015 à chacun des membres des deux associations pour les inviter à participer au sondage en ligne. Une relance des invitations a été faite au début du mois de février 2015 pour augmenter le nombre de répondants.

Des 1500 personnes contactées, 200 ont répondu au sondage, en tout ou en partie. La majorité d'entre elles sont architectes ou urbanistes de formation (75%), mais certaines (12%) proviennent des sciences sociales (géographie, économie, sociologie, droit, etc.), d'autres (7%) du génie et une minorité (6%) de disciplines variées (architecture d'intérieur, arts visuels, écologie, géobiologie, etc.).

Les résultats de ce sondage ont servi de base à la préparation des ateliers participatifs organisés en mai et juin 2015. Ces derniers sont présentés à la section suivante.

4.1.2. Méthode de la sous-tâche 1.2. « Ateliers participatifs »

Deux ateliers participatifs ont été organisés à l'École Nationale Supérieure d'Architecture (ENSA) de Toulouse dans le but :

- de réaliser un diagnostic des connaissances des professionnels en matière d'adaptation au changement climatique, de gestion des microclimats urbains et de production d'énergie renouvelable,
- d'observer la manière dont les professionnels abordent le projet urbain,
- de caractériser les conditions dans lesquelles ils utilisent certains outils et,
- d'identifier les attributs et les services élémentaires que devraient offrir un éventuel outil créé dans le cadre du projet CapaCités.

Le premier atelier a réuni six professionnels et le deuxième en a rassemblé douze. Le détail sur leur répartition en termes de profession, de secteur d'activité (privé vs public) et de sexe (homme (H) vs femme (F)) est précisé dans le Tableau 1.

Tableau 1 : Profil des participants des ateliers de formation et d'interformation

Profession	Atelier 1		Atelier 2	
	Privé	Public	Privé	Public
Architecte	1		7	
Architecte & urbaniste	1		1	
Urbaniste		2		
Ingénieur		1		1
Géobiologue	1			
Architecte & Professeur				1
Sociologue & Professeur				1
Paysagiste & Professeur				1
Total	6 (2H et 4F)		12 (8H et 4F)	

Une demi-journée d'atelier se structure autour de quatre grandes étapes :

1. La première comprend une introduction générale à l'atelier et une présentation magistrale intitulée : *les acteurs de l'aménagement urbain et l'adaptation au changement climatique*. Cette dernière fait brièvement état des connaissances et des enjeux associés aux impacts des changements climatiques dans les villes et du rôle pouvant être joué par les professionnels pour les amoindrir (35 minutes).
2. La deuxième étape consiste en un quiz (le *CAPACi'Quiz*) dont l'objectif est de faire un état des lieux des connaissances des participants sur les problématiques environnementales considérées par le projet et les leviers d'action à leur disposition pour favoriser l'adaptation au changement climatique. Les réponses sont données par la suite afin d'éclaircir les éléments du quiz moins bien maîtrisés par les participants (25 minutes).
3. La troisième étape représente le cœur de l'atelier. Il s'agit d'une mise en situation ludique (le *CAPACi'Jeu*) qui exige des participants qu'ils travaillent en équipes pluridisciplinaires en suivant certaines règles (figure 1). Plus précisément, les équipes doivent réaliser une esquisse pour un

quartier sensible de Toulouse afin de le rendre exemplaire sur le plan de l'atténuation et de l'adaptation au changement climatique. Pour les aider à proposer des solutions urbaines, architecturales, techniques et environnementales innovantes, les équipes ont la possibilité de consulter un certain nombre de ressources techniques, technologiques et humaines donné. Le scénario, le programme, le matériel mis à la disposition des équipes et les règles du *CAPACi'Jeu* sont inclus dans la présentation de **l'annexe 3** (135 minutes).

4. La dernière étape consiste en une séance plénière (30 minutes) durant laquelle les chercheurs discutent avec les participants pour connaître :
 - leur degré d'expérience avec la contrainte d'adapter les projets au changement climatique,
 - les moyens qu'ils privilégient la plupart du temps pour aller chercher des informations et valider leurs propositions,
 - les conditions qui selon eux favorisent le recours à certains outils d'aide à la conception,
 - leurs propositions sur les caractéristiques (format, information, degré de précision, type de données, etc.) de l'outil d'aide à la conception à produire.



Figure 2 : Capaci'Jeu – Équipe A en action (12 juin 2015)



Figure 3 : Capaci'Jeu – Équipe B en action (12 juin 2015)

Bien que l'analyse de ce type d'atelier soit nécessairement qualitative (ce qui permet une compréhension plus profonde et plus détaillée que des données chiffrées seules), une approche systématique a également été retenue par rigueur scientifique.

L'analyse est basée sur des enregistrements (vidéo et sonore) qui ont été entièrement retranscrits dans le but de faire émerger des processus de conception clairement identifiables.

Dans un premier temps, une pré-analyse a permis de faire émerger des retranscriptions les grandes tendances comme l'utilisation de connaissances issues de l'expérience des concepteurs. Cette première phase a permis de mettre en place un cadre pour une analyse plus poussée. Ce cadre est basé sur trois thèmes.

1) Les solutions de conception et leur nature :

- Solution directe, adaptée au CC et identifiée en ce sens
- Solution directe, adaptée au CC, non identifiée en ce sens,
- Solution indirecte, adaptée au CC, non identifiée en ce sens
- Solution non affiliée au CC.

2) Les connaissances appliquées et leur origine :

- Savoir issu de l'expérience du concepteur
- Savoir basé sur expert à proximité
- Savoir issu de la documentation fournie
- Savoir issu des outils

3) Les contraintes prises en compte et leur type :

- Contrainte interne²
- Contrainte externe³
- Principes directeurs⁴

Différents extraits des retranscriptions ont ensuite été classés dans chacun des thèmes dans une feuille de calcul. Chaque extrait pertinent pour un thème donné a été identifié et décrit au regard du cadre théorique de ce thème. Les tableaux ci-dessous donnent quelques exemples.

² Composées par le programme (la commande du maître d'ouvrage), ainsi que les objectifs du maître d'ouvrage.

³ Correspondent au contexte institutionnel, physique, climatique, social, budgétaire, culturel, les besoins des futurs habitants, le contexte (quartiers autour), l'histoire du site, etc.

⁴ Des idées et principes concernant la conception urbaine et architecturale. Peut être liée aux valeurs propres du professionnel.

H1: Les solutions de l'adaptation au CC			
Minute	Acteur	Citation ou observation	Analyse / commentaire
16:15	ET	L'espace public collectif aménagé en jardins potagers pour rappeler le caractère maraîcher du secteur.	Solution concrète, adaptée au cc, mais non identifiée dans ce sens,
17:20	ET	Implantation des bâtiments en fonction du réchauffement climatique et de l'ICU.	Solution concrète, adaptée au CC.
	ET	c pour libérer de la surface au sol.	Solution concrète, adaptée au cc, mais non identifiée dans ce sens,

H2: Les savoirs et les savoir-faire des professionnels			
Minute	Acteur	Citation	Analyse / commentaire
02:00	MCC	Question à LA de l'hauteur des bâtiments environnants.	Savoir basé sur expert à proximité (LA).
02:40	MCC	Pas d'ombre portée par le gymnase au nord, mais visuellement pas terrible.	Savoirs issus de la documentation fournie.
03:00	ET	Questionne LA sur les voiries.	Savoir basé sur expert à proximité (LA).

H3: Le processus de design et la manière de répondre à la question de l'adaptation			
Minute	Acteur	Citation	Analyse / commentaire
02:00	MCC	Questionne LA sur la hauteur des bâtiments environnants.	Contrainte externe: analyse de site.
02:40	MCC	pas d'ombre portée par le gymnase au nord, mais visuellement pas terrible.	Contrainte externe: analyse de site.
14:15	NG	Questionne la MO sur la typologie architecturale originale : de petites maisons mitoyennes. Doit-on conserver cette typologie?	Contrainte interne: objectif du MO.
14:40	NG	NG réfléchit sur la nécessité de faire table rase. « On ne peut rien garder? ».	Principe directeur - valeurs

Figure 4 : Extraits des tableaux d'analyse

4.1.3. Méthode de la sous-tâche 1.3 : « Cahier des charges »

Pour mettre au point le cahier des charges, l'équipe de recherche s'est appuyée sur deux types de recherche :

- Les résultats des sous-tâches 1.1 et 1.2
- Un benchmarking des outils existants (voir Annexe 4)

Nous avons ensuite procédé à un brainstorming au sein de l'équipe. Il a été demandé aux participants à cette réunion de travail de noter sur des post-it de couleurs :

Ce que nous voudrions voir dans l'outil

Ce que nous ne voulons surtout pas !



Les éléments ci-dessous correspondent à ce que les participants souhaitaient voir dans l'outil. Une classification a été faite a posteriori pour faciliter la lecture. Notons une grande récurrence des propositions liées à des précédents et/ou des solutions concrètes pour alimenter le processus de conception.

Classification et analyse a posteriori		Ce qui a été noté sur les post-it
Type d'outil		
Une idée récurrente qui résulte de l'analyse des ateliers : proposition de précédents et/ou de solutions concrètes pour alimenter le processus de conception.	<p>Quelles solutions ?</p> <ol style="list-style-type: none"> soit des précédents exemplaires (éco-quartier par exemple) soit des leviers d'action (par exemple points d'eau qui vont rafraichir, créer de la biodiversité, contribuer à la qualité urbaine, etc.) 	<ul style="list-style-type: none"> Précédents exemplaires Solutions concrètes pour l'atténuation et d'adaptation Solutions holistiques dans un contexte plus large (adaptation, atténuation mais aussi cadre de vie)
	<p>Ce qui peut être fait à partir de ces précédents et/ou solutions : transmission de savoirs des chercheurs vers les praticiens mais aussi des praticiens vers les chercheurs</p>	<ul style="list-style-type: none"> Analyse de précédents avec niveaux de détail adapté à la phase / à l'utilisateur Ordre de grandeurs (densité d'un quartier, albédo d'un revêtement, dimension d'une zone humide ou d'un espace vert, etc.) Possibilité de mettre en correspondance différentes disciplines / paramètres de manière ouverte dans une approche intégrative Accès à différents types de ressources : schéma, dessin, photos, textes, abaques, etc.
	<p>Comment faire le lien entre les précédents et/ou solutions et les savoirs à transmettre ? Un site web permettant des allers retours entre les précédents, les solutions, des analyses, des théories & méthodes, etc. (processus itératif)</p>	<ul style="list-style-type: none"> Structuration hypertextuelle des connaissances avec passage possible de concepts, à des règles ou méthodes, ou à la présentation de projets « évalués » Base de données en ligne consultable par différentes entrées : typologie, géographie, climat, problématiques environnementales, levier d'action

Variante 1 : une aide au diagnostic de site	<ul style="list-style-type: none"> • Un outil qui met en avant les opportunités plutôt que contraintes. • Aide au diagnostic de site, comment exploiter le potentiel du site pour l'adaptation / atténuation ?
Variante 2 : plus éloignée du logiciel et plus proche du référentiel	<ul style="list-style-type: none"> • Guide méthodologique • Feuille de route / « carte de conception » • Boite à outil / solution / idées
Variante 3 : un échange humain plutôt qu'un outil	<ul style="list-style-type: none"> • Rencontres régulières chercheurs /praticiens • Dialogue actif et continu entre recherche et pratique • Formation en agence : de la recherche à la pratique • Aide à l'appropriation de savoirs
Classification et analyse a posteriori	Ce qui a été noté sur les post-it
Qualités de l'outil	
La nécessité de tenir compte de la diversité des besoins et des utilisateurs	<ul style="list-style-type: none"> • [...] niveaux de détail adapté à la phase / à l'utilisateur • Différents niveaux d'entrée = novice, expert • Différents niveaux d'information / de connaissances • Différents niveaux de détail (LOD)
Des attentes vis-à-vis des qualités « techniques » de l'outil.	<ul style="list-style-type: none"> • Complémentarité avec les pratiques en cours • Interopérabilité • Permettre d'interroger des bases de données • Crowdsourcing / outil collaboratif et évolutif • Si outil : simple rapide et accessible • Si outil : site web avec des entrées simples
Qualités générales de l'outil	<ul style="list-style-type: none"> • Exploiter le savoir faire des professionnels, faire avec et pas pour

Les éléments ci-dessous correspondent à ce que les participants ne souhaitent pas voir dans l'outil.

Classification et analyse a posteriori	Ce qui a été noté sur les post-it
Pas de complexité de l'outil	<ul style="list-style-type: none"> • Pas une boîte noire • Pas un logiciel • Pas de truc compliqué à coder • Pas un référentiel de qualité environnementale
Pas de complexité des informations transmises	<ul style="list-style-type: none"> • Ne pas avoir peur de trop vulgariser • Pas complexe et peu intuitif • Pas d'équation, ni de données brutes, ni de chiffres obscurs

4.2. Résultats de la tâche 1 : État des lieux des savoirs et savoirs faire des professionnels

4.2.1. Résultats du questionnaire

Genre, formation, emploi

Parmi les répondants, 53% sont des hommes et 47% sont des femmes. Ils se répartissent dans les différentes tranches d'âge de la manière suivante : 34% ont moins de 35 ans, 21% ont entre 35 et 44 ans, 26% ont entre 45 et 54 ans et 19% ont 55 ans et plus. La très grande majorité d'entre eux (78%) a suivi une formation en architecture, bien que certains soient issus des disciplines du génie (4%), des sciences sociales (14%) (géographie, sociologie, économie) et d'autres disciplines (7%) (écologie, arts, design intérieur, géobiologie, droit, histoire, etc.). La plupart sont actuellement à l'emploi d'agences d'architecture (49%), mais aussi d'agences d'urbanisme, d'aménagement et de paysage (13%), de collectivités (9%), de bureaux d'études techniques (5%) et d'instances vouées au montage d'opérations (2%). Certains (11%) travaillent également pour des organismes de diverses natures (université, organismes sans but lucratif, studios d'artistes, associations, etc.).

Expérience

Les répondants sont des praticiens d'expérience. La majorité (35%) compte plus de 20 ans d'expérience professionnelle alors que 17% seulement exercent depuis moins de 5 ans. Les autres ont 10 à 14 ans d'expérience (19%) 5 à 9 ans (17%) ou 15 à 20 ans (12%). Ils travaillent généralement sur des projets exclusivement architecturaux (51%) ou exclusivement urbains (31%), mais certains d'entre eux travaillent également régulièrement aux deux échelles (19%). Leur activité se concentre dans les secteurs résidentiel (20%), tertiaire (18%), une combinaison des deux (22%) ou une combinaison de résidentiel et de commercial (17%). Très peu d'entre eux oeuvrent dans le secteur industriel.

Problématiques environnementales

Questionnés sur les problématiques environnementales les plus souvent considérées dans la conception d'un projet, les répondants ont identifié parmi les 11 offertes en choix de réponse les cinq suivantes: étalement urbain (17%), consommation d'énergie des bâtiments (16%), mobilité / transports (14%), microclimats urbains (11%) et gestion des ressources naturelles (10%). Aussi, bien que certaines problématiques soient visiblement peu intégrées aux projets comme la qualité de l'air (3%) et la gestion des déchets (3%), aucune n'a enregistré de score nul. Certains répondants ont également ajouté des problématiques non offertes dans les choix de réponses initiaux tels que: l'agriculture (ressource alimentaire / santé / système économique), protection contre les risques naturels et technologiques, santé publique, potentiel d'évolutivité et de recyclage, compacité du projet, qualité globale de l'environnement et du cadre de vie, optimisation du foncier, « l'humain , le vivre ensemble », l'entretien en interaction avec les usages, etc. Ces ajouts témoignent d'une vision beaucoup plus large de l'environnement que celle proposée par le questionnaire, comme l'a formulé un répondant du questionnaire :

“Je ne comprends pas la question et je ne comprends pas le principe de détacher les problématiques environnementales du projet dans sa globalité. Selon moi, c'est une erreur de méthode qui nuit à la qualité du projet in fine, et n'envisage la question de l'environnement que comme une question technique”.

Données utilisées

Interrogés sur le type et la fréquence des données utilisées aux différentes phases d'élaboration d'un projet, les répondants ont dit recourir "très fréquemment": aux documents réglementaires (SCOT, PLU, PLH, etc.) (81%), aux plans des bâtiments et voiries (cadastre) (75%), aux photos aériennes (73%) et aux informations sur la topographie, la nature du sol et l'hydrographie (59%). Ces documents et informations rendent compte des contraintes que l'on peut qualifier d'externes, à la suite de Lawson (2007). Les contraintes externes correspondent au contexte institutionnel, physique, climatique, social du projet, qui exercent une influence déterminante sur l'implantation, l'emprise, la forme et le gabarit de ce projet. Elles sont plus largement discutées dans la section 2.2 (quatrième constat).

Plusieurs répondants ont dit utiliser "très fréquemment" ou "fréquemment" : les projets en cours, les permis de construire en cours d'instruction (70%), les réseaux de transports en commun, les pistes cyclables ou piétonnes (68%) et les données historiques (60%). Ces données constituent également des contraintes externes qui peuvent amener le concepteur à prendre certaines décisions. Cependant, elles sont moins exigeantes sur le plan formel. Les autres données ciblées dans le questionnaire sont utilisées de façon relative par les répondants. Certains emploient "fréquemment" les données que d'autres utilisent "peu fréquemment". C'est le cas pour: les risques naturels et industriels (35% fréquemment vs 41% peu fréquemment), les cartes des zones naturelles protégées (35% vs 36%), l'exposition au bruit (34% vs 48%), les données météorologiques (31% vs 37%) et les données socio-économiques (population et activités) (28% vs 32%). Le profil et le secteur d'activités des répondants est probablement responsable de cette répartition. En revanche, les données issues des enquêtes origine / destination des déplacements sont "peu fréquemment" voire "jamais" consultées par les trois quarts des répondants (76%).

Six répondants ont identifié des données qui n'étaient pas offertes en choix de réponses et qu'ils utilisent "très fréquemment" ou "fréquemment" dans l'exercice de leurs fonctions. Ils comptent pour la plupart () plus de vingt ans d'expérience. Deux d'entre eux ont suivi une formation en architecture ou en urbanisme et travaillent à l'échelle de la planification territoriale et urbaine. Ces derniers ont ajouté les éléments suivants: "le coût du foncier, la localisation des équipements publics et les formes urbaines" et "les informations politiques et les résultats de concertation". Trois répondants formés en sciences humaines (géographie et économie) à l'emploi d'agences d'urbanisme et d'une collectivité ont aussi précisé certains éléments: "les données paysagères (atlas des paysages)", "les photographies terrestres, l'état de la végétation, des plantations existantes, les vues 3D" et "l'occupation des sols, les logements...". Enfin, un seul architecte dont le travail est de faire "des dessins, des études techniques et des conseils bioclimatiques" a dit travailler très fréquemment avec "la nature des matériaux en sol en rapport avec l'albédo". À l'exception des photographies terrestres, des données paysagères, de l'état de la végétation et des vues 3D qui peuvent influencer directement la conception d'un projet d'architecture ou d'urbanisme, les autres données ajoutées par les répondants sont plutôt adaptées à la réalisation d'un diagnostic territorial, urbain ou d'une étude technique. Ces résultats nous confortent dans les choix de réponses offerts aux participants qui avaient pour but d'identifier les données les plus utilisées par les concepteurs d'un projet et non celles utilisées par ceux oeuvrant dans les étapes préalables.

Outils utilisés

Pour considérer une problématique environnementale donnée, les répondants ont recours à certains types d'outils, mais à des fréquences variables. À titre d'exemple, ils affirment utiliser "très fréquemment" ou "fréquemment" les logiciels graphiques (Illustrator, Photoshop, InDesign, etc.) (75%). Ces derniers sont toutefois des outils de visualisation, de représentation d'un projet, qui ne sont généralement pas utilisés dans les phases amont de la conception. Il est probable que les répondants aient fait une interprétation différente de la question de ce qui était visé par l'équipe de chercheurs: ils semblent avoir évalué la fréquence des outils qu'ils manipulent dans le cadre de leurs activités, sans égard pour une problématique

environnementale en particulier. Cette nuance apparaît importante pour l'analyse des résultats du questionnaire.

De même, une majorité de répondants (60%) affirme recourir régulièrement aux guides méthodologiques et aux référentiels de qualité environnementale (livres, sites web, etc.). Ce résultat est cohérent avec les propos relevés par Dubois (2014) dans le cadre d'entretiens individuels conduits avec huit professionnels de la ville et du bâtiment de la région de Québec (Canada) :

Lorsqu'un professionnel cherche à acquérir ou à approfondir ses connaissances sur un enjeu donné, il se fie d'abord sur son expérience personnelle ou sur celle de ses collègues. Puis, il se tourne vers les sites web, les manuels spécialisés, les guides et études de cas et les revues spécialisées (Dubois 2014, p.168).

À l'opposé, la grande majorité des 115 répondants emploient "peu fréquemment" voire "jamais" les logiciels de simulation (Pleiade comfie, Archiwizard, Ecotect, Dialux, IES, etc.) (92%). Ces derniers, malgré leur précision et leur capacité de tester rapidement une hypothèse, présentent plusieurs obstacles pour les professionnels, comme : i) la difficulté de repérer et d'accéder au logiciel adapté au problème posé, ii) le besoin d'avoir un utilisateur expert au sein de l'équipe de conception et iii) le niveau de connaissance élevé requis pour maîtriser et obtenir des résultats valables (Dubois 2014). L'un des répondants faisant partie de la minorité a précisé qu'il avait recours au logiciel Abvent Artlantis® pour valider les masques d'ombrage. Un deuxième répondant, spécialiste de l'architecture bioclimatique, n'a pas spécifié de nom de logiciel, mais a dit effectuer des simulations thermo-dynamiques pour les calculs et les projections d'ensoleillement. Ces résultats tentent à démontrer que les logiciels de simulation demeurent à l'heure actuelle l'apanage des spécialistes.

De même, les logiciels SIG (ArcGIS, OrbisGis, MapInfo, etc.) sont "peu fréquemment" voire "jamais" utilisés dans une très forte proportion (77%). En revanche, deux répondants ont dit consulter "très fréquemment" les sites Internet Google earth®, Géoportail ainsi que celui de l'Institut géographique national (IGN). Ces derniers sont des sources d'information géographiques qui semblent répondre aux besoins d'informations primaires des concepteur, à savoir les éléments du site qui pourraient influencer la résolution formelle et spatiale du projet.

En revanche, plus de la moitié des répondants utilisent "fréquemment" les outils de calculs simplifiés (tableur Excel®, règles empiriques en ligne, abaques, etc.) pour évaluer la performance d'une solution envisagée. Ici encore, ces résultats sont comparables à ceux colligés par Dubois (2014). La simplicité de ces outils, leur efficacité, leur accessibilité et leur rapidité constituent des atouts importants. Ces derniers expliquent aussi sans doute la raison pour laquelle les sites d'information géographiques en ligne sont privilégiés aux outils spécialisés SIG.

La plupart des outils offerts dans les choix de réponse du questionnaire présente toutefois une utilisation beaucoup plus partagée. À quelques répondants près, ils sont autant à les utiliser "très fréquemment" ou "fréquemment" qu'à les utiliser "peu fréquemment" ou "jamais". C'est le cas notamment des logiciels de CAO 3D simples tel Google SketchUp® (49% vs 51%), les logiciels de CAO 3D avancés comme Autodesk Revit® et Archicad® (47% vs 53%) et les logiciels de CAO 2D tels AutoCad® et Vectorworks® (55% vs 45%). Cette répartition est probablement due au profil des répondants. La moitié d'entre eux travaille au sein d'agences d'architecture, d'urbanisme et de bureaux d'études techniques et cumulent moins de 15 années d'expérience professionnelle. Or, ces logiciels sont couramment utilisés dans les agences pour concevoir et développer les projets et ces derniers sont souvent manipulés par les employés les moins expérimentés. Les répondants travaillant au sein des collectivités, au montage des opérations, dans les phases amonts de la conception ou étant plus âgés semblent moins susceptibles de recourir à ces types d'outils. À l'instar des logiciels graphiques, ces outils (CAO 2D et 3D) sont intégrés à leur pratique courante, mais ne constituent pas d'outils d'aide à la conception en soi.

Lorsque ces outils sont utilisés, ils sont 18% des répondants à le faire uniquement dans la phase de diagnostic (analyses préalables, définition des enjeux et stratégies) et 25% dans la phase de conception (rédaction du cahier des charges, aménagement des espaces publics, interventions sur le bâti, etc.). Plus de la moitié (51%) y recourt cependant pendant ces deux phases. En outre, trois individus ont dit les employer également dans les phases d'orientation, d'aménagement et de programmation (OAP), de présentation et d'études préliminaires.

Qualités et défauts des outils

À la question ouverte portant sur les qualités que les répondants apprécient le plus dans les outils qu'ils utilisent, les réponses sont nombreuses et diversifiées. Néanmoins, la simplicité (15%), la rapidité (10%), la convivialité (9%), la qualité de l'interface graphique (8%), la précision (6%), le caractère intégrateur, holistique (6%), l'efficacité (4%) et la fiabilité (4%) des outils ressortent. Plusieurs de ces qualités ont aussi été relevées par Dubois (2014). Cette dernière a interrogé à cet effet un groupe de 14 étudiants de deuxième cycle en architecture de l'Université Laval après qu'ils aient utilisé sept outils d'aide à la conception distincts aux différentes étapes de la conception d'un projet:

“Les outils les plus appréciés sont jugés inspirants, éducatifs, simples, efficaces, précis et conviviaux. Plus largement, les étudiants apprécient avoir la possibilité de choisir un ou plusieurs outils selon : 1) la méthode de travail qu'ils privilégient 2) le problème de design à résoudre, 3) l'échelle d'intervention et 4) l'état d'avancement du projet.” (Dubois 2014, p.123)

La diversité est similaire en ce qui a trait aux principaux inconvénients et limites des outils qui sont recensés par les répondants. L'analyse de la récurrence des termes choisis par ces derniers met en évidence des problèmes : d'interopérabilité et d'incompatibilité (17%), d'utilisation (13%), de complexité (11%), de coûts élevés (9%), de temps (8%), d'inefficacité (6%), de rigidité (6%), d'inadéquation avec la pratique (6%) et de fonctionnalités limitées (5%).

En somme, l'analyse des résultats du questionnaire fournit une quantité appréciable d'informations sur: i) les problématiques environnementales actuellement considérées par les professionnels, ii) le type et la fréquence des données consultées, iii) le type et la fréquence des outils utilisés et iv) les principales qualités et défauts de ces derniers. En complément, la restitution de certains propos tenus par les 12 participants lors de la séance plénière de l'atelier du 12 juin 2015 apporte des pistes de réflexion intéressantes pour la suite du projet de recherche.

Qualités d'un outil - Point sur la discussion issue de la plénière du 12 juin 2015

Questionnés sur les outils offerts dans le cadre de l'atelier et qu'ils auraient aimé explorer si plus de temps leur avait été donné, quatre participants ont affirmé qu'ils étaient intéressés par l'ensemble de ces outils. En revanche, il ressort de l'analyse de leurs propos qu'ils faisaient essentiellement référence aux logiciels. L'extrait suivant est particulièrement éloquent à cet égard:

« Dans notre groupe nous n'avons utilisé qu'un seul outil d'information géographique historique et les autres nous n'avons tout simplement pas eu le temps de les utiliser. A priori je suis curieux, j'aimerais bien disposer d'un après-midi en plus pour pouvoir tester les simulations thermodynamiques, le comportement des bâtiments, j' imagine qu'il y a des tas de choses intéressantes à faire, mais je ne les connais pas.”
Les professionnels participants à l'atelier ont donc exprimé un certain intérêt pour les outils d'aide à la conception. Interrogés sur le format que devrait prendre un outil élaboré pour les accompagner dans la conception de projets adaptés au changement climatique, cinq participants ont émis cinq suggestions.

La **première suggestion**, et la plus inattendue, est sans aucun doute celle d'une ressource humaine, un assistant à la maîtrise d'oeuvre spécialisé, comme l'exprime l'extrait suivant:

« L'adaptation au changement climatique, c'est tout un champ de connaissances, c'est une spécialité. Il faut en avoir les bases pour pouvoir comprendre, discuter et faire des choix un peu « mal dégrossis ». Pour nous accompagner il nous faut un humain ».

La **deuxième proposition** exprimée par les participants est révélatrice du besoin de solutions concrètes qu'éprouve les professionnels. Elle concerne le besoin de réponses en termes concrets : quelles sont les dimensions des espaces verts qu'il faut conserver pour procurer de la fraîcheur? Quelle est la hauteur optimale des bâtiments? En somme, quelles sont les règles empiriques de base qu'un praticien doit connaître pour construire un projet adapté au changement climatique?

La **troisième suggestion** est celle d'un outil synthèse, qui favorise "la convergence de plusieurs points de vue et outils existants en architecture et en urbanisme". Cette suggestion est très proche du format du deuxième volet de la feuille de route de l'adaptation au changement climatique proposée par Dubois (2014).

La **quatrième proposition** consiste plutôt en un rappel de la nature même d'un outil d'aide à la conception. Faisant référence au logiciel Archiwizard, un participant a déploré le fait qu'il soit nécessaire de modéliser un bâtiment pour réaliser une simulation. Il ajoute à cet effet: *"ce qui serait intéressant d'avoir c'est un outil de conception, pas de vérification d'un travail déjà établi"*.

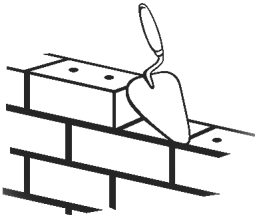



Dans le même ordre d'idée, formulant une **cinquième proposition**, un participant insiste beaucoup sur le format de l'outil, qui devrait être selon lui orienté vers la présentation d'un ensemble de typologies renseignées par le biais d'informations didactiques et de retours d'expérience. L'outil pourrait ainsi aider le professionnel à répondre à la question suivante: *"Quel modèle d'occupation de l'espace, autant par le bâti que par les végétaux, est le plus performant sous certaines conditions climatiques?"* Il insiste aussi sur le caractère holistique et intégrateur de l'outil; *"un format appropriable sans être technique constitué de références opérationnelles"*.

Ces propositions doivent bien entendu être mises en perspective avec les résultats de l'analyse du questionnaire, qui comporte un nombre beaucoup plus important de répondants (115). Elles doivent aussi être interrogées à la lumière de l'analyse des ateliers de formation et d'interformation, qui est révélatrice de l'attitude général des concepteurs à l'égard des outils lorsqu'ils sont plongés dans une situation de conception. Les principaux résultats des ateliers sont présentés à la section suivante.

4.2.2. Résultats des ateliers

Les deux ateliers menés en mai et en juin 2015 nous permettent de tirer certains constats quant à la manière de travailler et d'aborder un projet propre aux professionnels de l'architecture, du design et de l'urbanisme. Ces constats sont cohérents avec les recherches conduites au cours des quarante dernières années sur le processus de design (Cross 2006, 2011; Darke 1979; Kikerby 2009; Lawson 2006, 2007, 2013; Rowe 1987; Schön 1994; Tennoy 2012). Ils amènent aussi à mieux cibler les besoins et les attentes envers un outil d'aide à la conception.

Ces **grands constats** sont les suivants, ils sont détaillés dans les pages qui suivent :

	<p>1. Des solutions concrètes Les participants aux ateliers orientent leur réflexion et leur discussion vers la proposition de solutions simples et concrètes. Cela leur permet de réfléchir en termes holistiques et de considérer simultanément la solution et ses implications. Ainsi, ils testent leurs hypothèses d'intervention de façon efficace : par une itération entre la proposition et le cadre/contexte réel du projet, les participants évaluent la faisabilité de leurs propositions.</p>
	<p>2. Des solutions basées sur l'expérience et la formation Les solutions proposées par les participants prennent essentiellement appui sur leur expérience et leur formation.</p>
	<p>3. Un cadre de conception qui s'appuie sur des contraintes graduelles Les contraintes internes et les contraintes externes associées au projet de même que les principes directeurs propres à la discipline et aux valeurs de l'individu structurent cette évaluation itérative de la faisabilité des propositions.</p>
	<p>4. Des solutions adaptives mais non-identifiées en ce sens Les solutions proposées par les participants et soumises à l'évaluation sont, dans plusieurs cas, des solutions qui peuvent être des mesures d'adaptation aux changements climatiques, sans nécessairement être vues ou comprises comme telles par les participants eux-mêmes.</p>

Premier constat : des solutions concrètes

Les participants aux ateliers orientent leur réflexion et leur discussion vers la proposition de solutions simples et concrètes, qui les amènent à mieux comprendre les défis posés par le changement climatique.

Les équipes abordent le mandat de concevoir un quartier adapté au changement climatique sous l'angle des solutions, qui doivent contribuer à l'amélioration globale du quartier. L'objectif poursuivi est de renforcer la qualité du cadre de vie, sous toutes ses formes. Le processus d'analyse des enjeux du quartier permet de diagnostiquer, dès le début de la discussion, les grands problèmes du quartier qui peuvent être, au moins partiellement, traités par l'urbanisme et l'architecture (on ne traitera pas, autour de la table, du difficile accès de personnes faiblement scolarisées au marché de l'emploi, par exemple). Ces grands problèmes (la mauvaise image du quartier, le faible sentiment de sécurité, la faible socialisation, etc.) sont des données, qui ne sont pas remises en question: elles appellent une solution et c'est à l'élaboration de cette solution que s'affairent les participants aux ateliers.

Ces résultats sont cohérents avec les travaux d'Agabani (1980) comme l'exprime l'extrait suivant:
 « ...it is also common to find that elements of solutions rather than problems begin to emerge very early on in the process. (...) It was found that different aspects of the problem were examined to see what they

might suggest in terms of ideas about the solution, rather than analysed in their own right (dans Lawson 2006 : 184)».

Ce processus de mise en forme de solutions permet de mieux comprendre les différents aspects du problème et leur interaction. Les solutions se précisent et se définissent, au fur et à mesure que la compréhension du problème s'affine. Les ateliers menés dans le cadre du projet CAPACités permettent ainsi d'observer que la définition de la solution et celle du problème se font de façon itérative. Cette observation est cohérente avec la littérature sur les approches propres aux designers et architectes (Bachman 2012; Rittel & Weber 1973, Schön 1994).

Pour aborder un problème aussi complexe que celui de l'adaptation au changement climatique, la littérature a en effet identifié deux approches distinctes (Lawson, 2006). Les ingénieurs ou les chercheurs évoluant dans les domaines associés aux sciences de la nature et de la santé, notamment, suivent une démarche rationnelle, à travers laquelle le point de départ est l'analyse du problème. Cette première étape est vue comme la façon de saisir tous les aspects et tous les éléments pouvant influencer le problème. Une fois l'analyse complétée, différentes stratégies de résolution du problème sont élaborées, puis priorisées et l'une de ces stratégies est choisie pour être finalement appliquée.

Or, les architectes tendent plutôt à s'initier au problème en réfléchissant aux possibles solutions qu'ils peuvent lui appliquer et en évaluant, du même élan, les conséquences possibles de ces solutions sur le problème. « (...) the more experienced final year architecture students consistently used a strategy of analysis through synthesis. They learned about the problem through attempts to create solutions rather than through deliberate and separate study of the problem itself (Lawson, 2006 : 43–44). »

Dans le cas précis d'un problème d'aménagement, une analyse de site est d'abord effectuée. Cette réflexion permet au designer d'identifier les aspects du site à développer, à mieux documenter ou à traiter différemment. Cela amène le professionnel à cibler les informations supplémentaires dont il aura besoin. La mise en avant d'une solution potentielle, et puis l'évaluation de sa faisabilité et de ses conséquences, permet au designer de découvrir des aspects du site auparavant ignorés ou moins bien pris en compte. À plusieurs moments et au sein de toutes les tables, une solution a fait "apparaître" de nouveaux problèmes à résoudre, c'est-à-dire qu'elle a mis en lumière une autre dimension de l'enjeu à traiter.

Par exemple, les participants à l'une des tables de juin 2015 évoquent l'importance et l'intérêt d'utiliser le vent pour rafraîchir le quartier. Cette discussion les amène à analyser le rapport du vent à la forme urbaine et à s'interroger sur la possibilité qu'il y ait production de couloirs de vent dans certains secteurs. Un peu dans le même sens, toujours en juin 2015, après avoir été invités à intégrer au projet un espace public avec des jardins communautaires (Joker - demande citoyenne), les membres de l'équipe font la proposition d'implanter cet espace public de jardinage communautaire en front du terrain nord, le long de l'axe traversant. Cela initie une interrogation de la pertinence de cette implantation par rapport à l'orientation solaire - soulevée par l'animatrice - mais aussi une réflexion quant à l'irrigation de ces jardins communautaires. Un échange fait de questions et de réponses s'initie entre les participants :

- « Peut-on penser à une trame bleue le long de ces jardins?
- Oui, mais il faudra prévoir des espaces pour récupérer les eaux du quartier.
- Mais comme on est au point haut du terrain, il ne devrait pas y avoir de problème ».

Cette manière d'aborder le processus se traduit même dans la proportion du temps alloué à l'analyse du site versus la définition de la solution par les cinq équipes lors des ateliers: toutes ont consacré les 15 à 20 premières minutes du jeu à l'analyse générale du site à partir de la documentation mise à leur disposition (fiches de présentation du quartier, quelques photographies aériennes et le plan de la Cité Blanche à l'échelle 1:500) ou en questionnant directement les chercheurs. Les discussions au sein des équipes se sont résolument articulées autour de la proposition et de la validation de différentes solutions. Ce faisant,

l'analyse de site devenait plus précise, focalisant sur des éléments importants pour la solution en question, non pour avoir une meilleure compréhension du site en soi. En définissant d'abord la solution et en la confrontant ensuite à la réalité du site, les participants construisaient leur compréhension du quartier, de ses atouts et de ses faiblesses.

Les échanges entre les membres des différentes équipes lors des ateliers mettent en évidence la nature holistique des solutions proposées. Les participants sont conscients qu'une seule solution peut être en mesure de répondre à différentes facettes d'un même problème d'aménagement.

Par exemple, la manière dont la circulation est organisée au sein d'un îlot a des impacts sur la forme urbaine et celle-ci a des conséquences sur les espaces publics et la part d'espaces verts. Aussi, lorsqu'une solution est esquissée, celle-ci est rapidement confrontée à d'autres aspects du projet afin de vérifier si elle contribue ou non à l'amélioration globale de la qualité de ce dernier.

La séquence suivie par les équipes proposant l'idée structurante de faire des îlots un quartier sans voiture évoque cette façon de faire. Les participants commençaient par récupérer l'espace actuellement alloué à la voiture. Ils pouvaient, ensuite, se concentrer sur les espaces publics. Ils notaient, du même coup, la possibilité de bénéficier de plus grandes surfaces pour ces espaces publics, compte tenu du besoin moindre d'espaces réservés au passage ou au stationnement des véhicules. Les participants constataient, enfin, que cette répartition des fonctions dans l'espace leur semblait plus performante à l'égard des objectifs de mobilité durable du maître d'ouvrage.

Une autre équipe souhaitait implanter, dans un premier temps, des bâtiments en forme de peigne le long de l'avenue principale à la limite ouest du site pour assurer la perméabilité du quartier et ainsi éviter un grand front bâti se dressant entre lui et ses voisins. Ses participants ont réalisé, dans un deuxième temps, que cette orientation nord-sud était optimale pour l'intégration de stratégies architecturales passives. Dans un troisième temps, ils ont travaillé à ajuster l'épaisseur de chaque peigne, de manière à créer des logements traversants.

Ce premier constat oriente notre proposition vers un outil qui proposerait des précédents et des solutions concrètes aux concepteurs.

L'outil serait une base de données contenant des précédents exemplaires (éco-quartier par exemple) et des leviers d'action ou dispositifs (par exemple « points d'eau », « albédo des toitures », « végétalisation », etc.). La navigation entre ces précédents et les leviers permettra de fournir des points d'entrée à une conception intégrant le changement climatique.

Deuxième constat : des solutions basées sur l'expérience et la formation

L'atelier met en évidence que les solutions proposées par les membres des cinq équipes sont basées essentiellement sur leurs savoirs propres. De fait, les participants priorisent les outils et les ressources les plus facilement et rapidement accessibles, à savoir et dans l'ordre : leur propre expérience et connaissances, celle des autres (collègues ou experts), les résultats de recherches établies et les résultats de nouvelles recherches. Cette situation a également été observée par Marku (1969) et par Dubois (2014) : "Cinq répondants sur huit ont affirmé se fier d'abord sur leur expérience personnelle pour valider l'efficacité de leur choix. Lorsque ces derniers ont le sentiment qu'ils ont acquis suffisamment d'expérience par rapport à un type de projet donné, ils ne ressentent pas le besoin d'utiliser d'outils quels qu'ils soient (Dubois 2014 :)".

Les connaissances des participants se manifestent dans leur capacité : i) à reconnaître des problèmes similaires et de proposer des solutions adaptées, ii) à identifier des références et précédents appropriés au problème posé et iii) à évaluer la performance d'une solution proposée à partir de règles empiriques ou « rules of thumb ».

Bien que chaque problème d'aménagement soit différent, *situé* et qu'il présente ses propres défis et caractéristiques (Gero 1998), il ressort des études sur le sujet que les professionnels ont recours à une série de tactiques de design ou "design gambits" (Lawson 2007) pour faire des parallèles entre les projets et de proposer des solutions qui fonctionnent. C'est aussi le cas dans les ateliers menés dans le cadre du projet CapaCités. La reconnaissance d'une situation par le professionnel ressort comme un outil d'identification et d'élaboration de solutions commun à l'ensemble des participants.

À titre d'exemple, pour aborder le quartier enclavé que constitue les Izards, l'une des tactiques de design mises à l'œuvre visait à créer des perméabilités, des liens avec les quartiers limitrophes, au travers d'axes et d'espaces publics, qui allaient pouvoir devenir des lieux de rencontre :

"Il est important d'ouvrir les espaces publics et de les raccrocher à des axes de circulation là où il y a beaucoup de passage pour assurer la sécurité des lieux".

L'énoncé de précédents appropriés et transposables à la conception d'un quartier toulousain adapté au changement climatique a également été observé au sein des cinq tables. Comme le démontre l'extrait suivant, les exemples fournis par d'autres contextes ou par des projets antérieurs et qui ont fait leurs preuves, servent d'appui à des propositions:

"Sur les questions de gestion de la chaleur, on peut peut-être s'inspirer des villes arabes : ruelles étroites, possibilité de développer des toiles sur les rues durant les jours les plus chauds..."

Même modifiés et adaptés, les exemples venus d'ailleurs et connus par les participants servent de base à la solution et à sa discussion:

"(...), des végétaux, des jardins, on prend l'unité d'habitation de Marseille. On la mixe avec tout le high tech et on a une vie d'habitation verticale."

L'éventail des types et des référents pouvant être mobilisés par les professionnels de l'architecture, du design et de l'urbanisme est vaste. De la même manière qu'un bâtiment 'type' tel un hôpital présente des enjeux similaires entre chaque projet, des quartiers comportent des similitudes qui permettent au designer de reconnaître les options applicables. « In essence, designers tend to have relatively little theory that enables them to get from problem to solution. Rather, they tend to acquire considerable stores of knowledge about solutions and their possibilities of affordances (Lawson 2006 : 272) ».

Les règles empiriques, qui sont essentiellement des ordres de grandeur (dimensions, surfaces, etc.) permettant de prendre rapidement la mesure des choses, ont également été utilisées de manière extensive par les différentes équipes. Elles ont servi à dimensionner notamment les îlots, la voirie, les bâtiments et les stationnements de manière à valider la performance d'un projet au regard du programme et des objectifs du maître d'ouvrage, des contraintes internes au projet. La définition de ce type de contrainte est donnée dans la section réservée au quatrième constat de ce rapport. Les participants ayant cumulé une expérience substantielle dans la conception de projets architecturaux ou urbains sont toutefois les seuls qui ont su manipuler rapidement et avec beaucoup d'aisance ces différentes règles, appuyant l'idée qu'elles se construisent avec l'expérience professionnelle.

Selon Lloyd et Scott (1994), cette connaissance variée qu'ont les professionnels des précédents et des règles empiriques, leur permet d'anticiper efficacement et avec confiance le processus de conception. Surtout, elle leur donne une longueur d'avance dans la compréhension de la situation et dans le type de solution qui peut fonctionner (Lloyd et Scott, 1994). En se référant à un précédent pour aborder une

situation actuelle, les professionnels sont au fait de la plus-value de ce précédent, tout comme ils connaissent ses écueils et peuvent en tirer des leçons pour la modifier ou mieux l'adapter : « Unlike lawyers, designers do not seek to find precise matches between the case in hand and previous one. On the contrary they seek to transfer ideas from quite different domains and recombine them in innovative ways (Lawson, 2013) ».

Ce recours à des connaissances épisodiques davantage qu'à des connaissances théoriques ou sémantiques est une caractéristique déterminante de l'approche des designers et des architectes (Lawson et Dorst, 2009).

Les ateliers ont aussi permis d'observer dans une moindre mesure des savoirs issus de l'expérience personnelle de certains participants ; les endroits visités, les expériences vécues, les conversations et les livres lus sur le sujet, ont permis à certains d'entre eux de proposer une solution ou de la défendre. Par exemple, l'une des participantes a affirmé qu'il ne fallait absolument pas positionner de bâtiments au-dessus du passage de la ligne de métro, car les vibrations occasionnées seraient désagréables, une situation qu'elle avait vécu personnellement dans un appartement de Toulouse. Fait à noter, les participants qui ont eu recours à ces savoirs de type expérientiel proviennent pour la plupart des disciplines autres que l'architecture ou l'urbanisme ou encore, ils comptent peu d'années d'expérience.

Le fait que les précédents soient un fondement du travail et de la discussion des participants dans la définition de solutions pour le site des Izards n'est sans doute pas étranger à leur caractère "écologique" ou "holistique", caractère propre au processus de conception lui-même (Lawson 2007).

Ce deuxième constat oriente notre proposition vers un outil :

- qui fait le lien entre les précédents, les leviers d'action et le projet en cours
- qui donne des ordres de grandeurs en lien avec l'adaptation et l'atténuation du changement climatique

Troisième constat : Un cadre de conception qui s'appuie sur des contraintes graduelles

L'observation du processus de conception mis en œuvre au sein des différentes équipes révèle l'influence déterminante d'une série de: i) contraintes internes⁵, ii) de contraintes externes⁶ et de iii) principes directeurs⁷ dans la formulation et l'évaluation des solutions proposées. Ces trois catégories d'éléments contribuent à l'élaboration d'un cadre à l'intérieur duquel les designers sont en mesure de définir graduellement les caractéristiques d'un projet donné.

Contraintes internes

« Internal constraints traditionally form the basis of the problem as most clients initially tend to express it [and] frequently comprise the majority of the brief (Lawson 2006 : 93) ».

⁵ Composées par le programme (la commande du maître d'ouvrage), ainsi que les objectifs du maître d'ouvrage.

⁶ Correspondent au contexte institutionnel, physique, climatique, social, budgétaire, culturel, les besoins des futurs habitants, le contexte (quartiers autour), l'histoire du site, etc.

⁷ Des idées et principes concernant la conception urbaine et architecturale. Peut être liée aux valeurs propres du professionnel.

Dans le cadre de l'atelier, ces contraintes se manifestaient principalement sous la forme du programme et des objectifs du maître d'ouvrage. Les contraintes internes sont imposées au professionnel et sont rarement remises en question. De fait, seule une équipe sur cinq a osé proposer un nombre de logement inférieur à celui exigé dans le programme, estimant que ce dernier allait au-delà de la capacité du site :

« Je pense que 400 logements (200 par hectare) ce n'est pas un bon objectif, mais je ne suis pas le maître d'ouvrage ».

Cette équipe a donc fait le choix de prévoir la construction de 300 logements au lieu des 400 commandés. D'une manière générale, les contraintes internes constituent un "passage obligé" dans la validation des différentes solutions esquissées. L'ensemble des équipes s'est questionné à un moment ou à un autre du processus de conception pour savoir si le projet en l'état respectait le programme en termes de logements et de places de stationnement. Lorsque ce n'était pas le cas, les équipes se sont rapidement mises à la recherche de nouvelles solutions.

C'est le cas notamment d'une équipe qui, après avoir réalisé que les dimensions du stationnement silo prévu initialement sur rue ne pouvait contenir les 200 cases demandées, s'est résolue à l'agrandir en éliminant le bâtiment de logements attenant et en surhaussant d'un étage les bâtiments localisés au cœur de l'îlot.

En revanche, le respect des objectifs du maître d'ouvrage semble avoir exercé moins d'influence sur la formalisation des propositions des différentes équipes. Souvent, les animateurs ont ressenti le besoin de les rappeler comme le souligne l'extrait suivant :

« N'oubliez pas d'intégrer les problématiques de l'ICU et de l'adaptation au changement climatique, car je les trouve absentes pour le moment ».

Ceci dit, certains objectifs comme la gestion durable des eaux pluviales et de la mobilité ont été traités et pris en compte par l'ensemble des équipes. Les professionnels sont-ils plus régulièrement confrontés à ces problématiques dans l'exercice normal de leurs fonctions? Cette situation traduit-elle une méconnaissance des solutions concrètes de design favorisant la mitigation des îlots de chaleur urbains (ICU) et l'autonomie énergétique des constructions? Les objectifs de réduction de l'ICU sont-ils plutôt intégrés à ceux de gestion des eaux pluviales, des indicateurs de la vision holistique des designers? Ces questions sont autant de pistes qu'il serait pertinent de suivre avant de tenter d'expliquer cette attention moins soutenue aux objectifs qu'au programme.

Contraintes externes

« External constraints are not under the designer's control, they already exist and the designer must work with them (Lawson 2006 : 93) ».

Les contraintes externes jouent un rôle déterminant sur la formalisation d'un projet d'architecture ou d'urbanisme. Ces dernières sont nombreuses et de diverses natures : caractéristiques physiques et climatiques du lieu, contexte social, politique et économique de l'opération, cadre législatif, etc. Les équipes ont d'ailleurs amorcé leurs discussions sur des éléments relatifs à l'analyse du site : axes de circulation et desserte en transports, qualification du voisinage, course du soleil et direction des vents dominants, etc. La séquence suivante est particulièrement représentative du processus d'identification des contraintes externes qui ont permis à l'une des équipes de poser les prémisses du projet à l'intérieur des 15 premières minutes de l'activité :

- 06 :15 Reconnaissance des chemins de l'eau.
- 07 :30 Identification des pôles et des connexions sur le plan masse.
- 13 :00 Question sur le fonctionnement des rues du quartier avoisinant.

- 14 :00 Localisation des différents points accès aux transports collectifs depuis le site.
- 15 :30 Tracé de la ligne de métro qui passe sous le site.

Cette identification progressive des différentes contraintes a non seulement permis aux participants de tester et d'ajuster leur projet au besoin, mais d'affiner leur compréhension du site et des enjeux. C'est notamment à l'évocation de la surchauffe exacerbée par le soleil d'ouest que l'une des équipes a modifié radicalement l'orientation des façades principales des bâtiments qu'elle avait prévu au départ.

L'approfondissement de la compréhension des équipes se traduit également par la nature des contraintes externes rapportées par les différentes équipes. Des éléments liés à l'histoire du site, à la culture toulousaine, au budget et à la réglementation (énergétique et urbaine) sont énoncées plus tardivement. La prise en compte du changement climatique est, sauf exception, rarement évoquée.

Principes directeurs

Les principes directeurs représentent les idées, les croyances et les valeurs d'un designer qu'il met en avant dans la plupart de ses projets et qu'il précise et raffine tout au long de sa carrière (*Lawson 2007*). L'analyse des échanges enregistrés autour des différentes tables fait la distinction entre les principes directeurs de nature : i) disciplinaires et ceux ii) relatifs aux valeurs personnelles des participants.

Les principes directeurs de type disciplinaires ont été relevés en plus grand nombre. Une majorité d'équipes a par exemple œuvré à « augmenter la perméabilité de l'îlot », à « désenclaver le site ». Rares étaient les tergiversations sur le sujet entre les équipiers, car ce principe fait largement consensus en architecture et en urbanisme.

Les principes directeurs appartenant au registre des valeurs et des croyances des participants sont moins nombreux. Ces derniers incluent par exemple : l'idée de créer un lieu de rassemblement et de partage, de « garder les jolies choses », de ne pas privatiser les espaces publics, de s'assurer du confort des futurs occupants des logements, etc. Bien qu'utilisés moins fréquemment par les participants, ces principes n'en demeurent pas moins importants. Ils leur permettent plus souvent qu'autrement de souligner l'importance d'une facette ou d'un enjeu particulier du projet et de le défendre. Aussi puisque ces principes directeurs font partie des valeurs respectives des participants, les arguments allant à leur rencontre doivent être très éloquentes pour les convaincre de les laisser tomber.

L'apparition graduelle de ces contraintes et principes est déterminante des propositions. Elle nécessite cependant des niveaux de lecture différents à chaque étape du projet.

Ce troisième constat oriente notre proposition vers un outil qui propose différents niveaux d'information pour s'adapter à la phase de conception et à l'utilisateur.

Quatrième constat : des solutions adaptives mais non-identifiées en ce sens

L'analyse des résultats révèle que la majorité des solutions de design (> 60%) intégrées aux projets des différentes équipes contribuent de près ou de loin à l'adaptation du quartier au changement climatique. En revanche, rares sont les occasions où les participants ont fait explicitement référence à cette fonction. Pour faire ressortir ces résultats, nous avons convenu de classer les différentes solutions d'après les catégories suivantes :

- Solution directe adaptée au changement climatique et identifiée en ce sens,
- Solution directe adaptée au changement climatique, non identifiée en ce sens,

- Solution indirecte adaptée au changement climatique, non identifiée en ce sens,
- Solution non affiliée au changement climatique.

La première catégorie rassemble les solutions adaptées à la lutte au changement climatique et qui ont été présentées comme tel. La première colonne du tableau 1 en donne quelques exemples : « greffer les espaces publics à ceux qui servent à la gestion des eaux pluviales, créer des logements traversants ou encore parsemer le quartier de petits points d'eau pour lutter contre l'îlot de chaleur urbain ».

La deuxième catégorie regroupe les solutions adaptées à la lutte au changement climatique, mais non identifiées en ce sens: il est difficile de déterminer si les participants comprenaient toute la portée de cette solution ou non. L'idée « d'épaissir l'ossature verte qui traverse le quartier, d'intégrer des éléments d'agriculture urbaine pour renforcer son identité maraîchère ou d'utiliser les nouvelles rues de manière à mieux l'aérer » font partie des quelques exemples apparaissant dans la deuxième colonne du tableau 1.

La troisième catégorie a été créée pour rendre compte de certaines solutions, qui n'apparaissent pas, de prime abord, liées à la question de la lutte et de l'adaptation au changement climatique, mais qui dans les faits y contribuent indirectement. La plupart d'entre elles sont des solutions qui encouragent les déplacements à pied ou à vélo, des mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES). Certaines de ces solutions apparaissent dans la troisième colonne du tableau 1. Elles comprennent: "la création d'une voie transversale pour désenclaver l'îlot, l'étrécissement de la chaussée pour favoriser les piétons, la création d'un quartier piéton".

Tableau 2 : Exemple de solutions proposées et classées d'après leur potentiel d'adaptation au changement climatique.

Solution directe, adaptée au CC et identifiée en ce sens	Solution directe, adaptée au CC, non identifiée en ce sens,	Solution indirecte, adaptée au CC, non identifiée en ce sens	Solution non affiliée au CC.
Greffer les espaces publics aux espaces de gestion des EP.	Renforcer l'ossature verte qui traverse tout le quartier des Izards.	Accès voiture transversal pour désenclaver l'îlot, mais priorité vélos, piétons.	Continuité du front bâti sur la rue.
Tous les logements sont traversants.	Reprendre des éléments d'agriculture dans le projet pour renforcer le caractère maraîcher du quartier.	Étrécissement de la chaussée + zone 30 + sens unique.	Épaneler le gabarit des bâtiments pour garantir un accès de la lumière à la place centrale.
Utilisation de petits points d'eau pour lutter contre les ICU.	Utiliser les nouvelles rues pour mieux aérer le quartier.	Faire un quartier qui n'a pas forcément de circulation automobile.	Une place, un square où les gens peuvent se retrouver.

Enfin, la dernière catégorie rassemble les solutions proposées qui non aucun lien, de près ou de loin avec le problème de l'adaptation au changement climatique. Aussi, bien que la nature holistique des solutions de design soit avérée (Lawson 2006), la conception d'un projet architectural ou urbain comporte de

plusieurs autres facettes: intégration urbaine, cohésion sociale, habitabilité des espaces, etc. La quatrième colonne présente quelques unes des solutions de ce genre proposées par les différentes équipes.

Il ressort des ateliers menés en mai et en juin 2015 que les professionnels de l'architecture et de l'urbanisme ont des connaissances pertinentes et en lien avec l'adaptation au changement climatique. Il apparaît que ces connaissances sont mêmes utilisées et constituent des compétences. Mais il ressort également que ces compétences ne sont que rarement convoquées par les professionnels "au nom" de l'adaptation: ils les utilisent de façon naturelle, dans toutes les situations. L'expérience, la vision holistique et la capacité à élaborer une solution pertinente à partir d'une idée simple sont des atouts des participants, à appuyer et à mettre en valeur.

Ce quatrième constat oriente notre proposition vers un outil qui propose des analyses des précédents mettant en avant leurs points forts et leurs points faibles, dans un objectif pédagogique.

Constat complémentaire : la spécificité de la mobilité



Ces questionnaires et ateliers ont mis en avant la nécessité de conduire un travail approfondi sur la question de l'intégration de la mobilité à la conception urbaine. En effet, les transports sont la première source de gaz à effet de serre en France, mais conception urbaine et planification des transports sont souvent dissociés dans les pratiques.

Dans le cadre de la **thèse de Maja Karoline Rynning**, nous avons donc conduit des entretiens supplémentaires et élaboré un nouveau questionnaire pour comprendre comment les professionnels de l'aménagement urbain intégraient la mobilité à leurs projets. **Ce travail et ses premiers résultats font l'objet du chapitre 0.**

4.2.3. Résultats de la phase d'élaboration du cahier des charges

Ce chapitre est une synthèse du cahier des charges mis au point pour le développement de l'outil.

Nous proposons de développer un outil à vocation pédagogique qui s'articulera autour du processus de projet urbain. Il s'adressera aux concepteurs, mais aussi aux étudiants en architecture et urbanisme. L'interface de l'outil prendra la forme d'un site web.

Cet outil devra être intégré au sein d'un portail Web. Une page d'accueil permettra de présenter le projet CapaCités et l'outil et d'accéder à deux modes de navigation sur le site :

- un mode de navigation par étape de projet (mode d'utilisation principal détaillé ci-après)
- un mode de consultation des fiches (fiches leviers d'action et fiches projets)
- un espace de présentation du projet CapaCités et de l'outils développé

Navigation par étape de projet

Pour chaque étape du processus de projet (1. État des lieux et analyse de site / 2. Identification des enjeux, programmation et cahier des charges / 3. Conception.), l'outil proposera des thématiques environnementales à traiter au travers d'une analyse de site, des exemples de leviers d'action et des exemples de projets urbains en adéquation avec le projet de l'utilisateur.

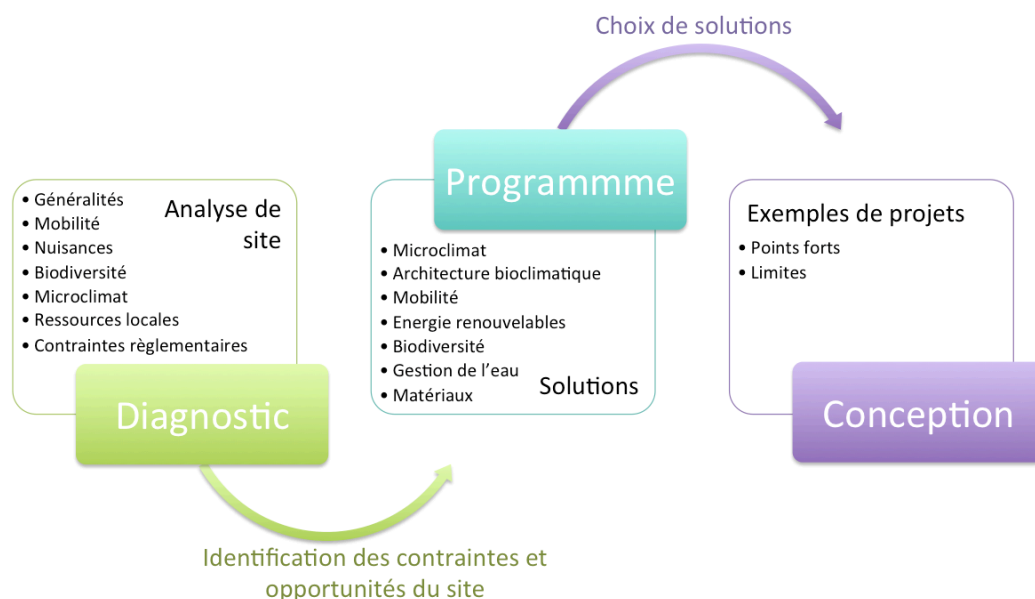


Figure 5 : Structure générale de l'outil

Pour le **volet 1 : état des lieux**, une première interface permettra à l'utilisateur de compléter un questionnaire « analyse environnementale ». Si l'utilisateur le souhaite, il pourra mettre en œuvre cette analyse environnementale sur un projet donné, en créant un compte et un ou plusieurs projets associés à ce compte.

Pour chaque segment de l'analyse, il sera alors demandé à l'utilisateur de répondre à quelques questions qui permettront de définir un « profil environnemental du projet ». Ces questions seront structurées selon sept thématiques environnementales. Chaque question sera accompagnées d'explication permettant à l'utilisateur de mieux comprendre l'enjeu environnemental concerné et des liens vers des données et des outils pour approfondir la question.

Elles seront de type « questions à choix multiple » et chaque réponse possible sera associée à un coefficient. La somme des coefficients donnera un score global à chacune des sept thématiques environnementales, définissant ainsi un « profil environnemental proposé ». Ce profil permettra d'identifier des contraintes et opportunités liées au site et de faire émerger des thématiques environnementales à traiter en priorité dans la phase de programmation. L'utilisateur pourra également choisir de ne pas répondre à une ou plusieurs questions, voir à l'ensemble des questions d'une ou de plusieurs thématiques environnementales.

Par ailleurs, les questions seront accompagnées de texte et de photos permettant à l'utilisateur de mieux comprendre la thématique environnementale : des données à collecter et des outils pour approfondir cette analyse environnementale de site.

Dans une deuxième interface faisant le lien avec le volet 2 « Identification des enjeux », le profil environnemental sera affiché. Les thématiques environnementales y seront classées, en fonction de leur scores, selon 3 catégories : Très prioritaires, Prioritaires et Peu prioritaires (rangs de chaque catégorie à définir par le LRA).

L'utilisateur pourra modifier ce classement selon son propre jugement et définir un « profil environnemental de l'utilisateur ».

Pour le **volet 2 : programmation**, l'outil proposera d'accéder à des rubriques dédiées aux thématiques environnementales Très prioritaires et Prioritaires. Cependant, il sera aussi possible de consulter toutes les thématiques.

Ces thématiques environnementales seront elles-mêmes déclinées en fiches « leviers d'action » permettant à l'utilisateur de comprendre les processus physiques impliqués et les dispositifs pouvant être mis en œuvre pour l'adaptation au changement climatique.

L'utilisateur pourra sélectionner des leviers d'action qui viendront compléter le « profil environnemental » de son projet. A partir de cette sélection, l'outil pourra alerter l'utilisateur sur des éventuelles incompatibilités entre les leviers d'actions et les thématiques environnementales prioritaires ou entre les leviers d'actions entre eux (interactions à définir par le LRA).

Pour finir, le **volet 3 : conception** proposera à l'utilisateur des exemples de mise en œuvre des leviers d'actions sélectionnés dans l'étape précédente, au travers de « fiches projets ». Ces exemples seront des projets urbains exemplaires mais qui seront analysés autant sur leurs atouts que sur leurs limites.

Les fiches projets contiendront, en plus de l'analyse (textes et photographies), des « tags » permettant d'identifier la présence des leviers d'actions dans un projet. Ces tags pourront être pondérés d'une note entre 0 et 3. Ces tags permettront d'attribuer à chaque projet une note correspondant à l'adéquation du projet avec les leviers d'action sélectionné dans le volet 2. Pour cela, on additionnera les notes de chaque tag correspondant à un levier d'action sélectionné. Les projets ayant les notes les plus élevées apparaîtront en premier dans la liste.

4.2.4. Approfondissement de l'intégration de la mobilité à la conception urbaine dans le cadre de la thèse de Maja Karoline Rynning

Cette thèse effectuée dans le cadre du projet de recherche CapaCités cherche à explorer le rôle que peuvent jouer les architectes et les professionnels de l'urbanisme dans l'intégration de la mobilité à la conception urbaine, en vue de réduire les consommations énergétiques et les émissions de gaz à effet de serre liées aux transports.

Revue de littérature

Dans une première phase, une revue de littérature thématique a été menée et a permis d'explorer le concept d'une approche intégrée forme urbaine / transports comme stratégie potentielle pour réduire les consommations énergétiques liées aux déplacements (Cervero, 2005; Ewing & Cervero, 2001; Strand, Næss, & Tennøy, 2007). Quelle est la relation entre l'environnement bâti et le comportement de mobilité des habitants ? Comment promouvoir des modes de déplacement zéro émissions tels que le vélo et la marche, mais aussi les transports en commun, à travers le développement urbain ? Dans la littérature scientifique plusieurs travaux mènent au constat qu'il existe en effet une relation réciproque entre la forme urbaine d'une ville et la mobilité des habitants (voir par exemple Ewing and Cervero 2001; Ewing and Handy 2009; Naess 2006; Tennøy 2012). Un article de conférence résume cette revue de littérature (voir Annexe 5).

Cas d'études

Afin d'illustrer cette revue de littérature, des cas d'études ont été sélectionnés et analysés. Grâce à des bourses complémentaires⁸, plusieurs voyages d'études ont été fait dans des villes variées afin de mieux comprendre l'influence et l'ambiance créées par différentes formes et structures urbaines. Ces voyages ont, dans la mesure possible, été effectués dans le cadre de conférences. Des villes en Europe telles que Lyon, Oslo, Bâle, Londres, Amsterdam, Paris, Zurich, Bern, Innsbruck, Bergen, et Trondheim ont été visités. De plus, en juillet 2016 la doctorante a pu aller présenter un poster à la conférence PLEA qui avait lieu à Los Angeles. Pendant ce séjour les villes de Los Angeles, San Francisco et Davis (exemples nord-américains souvent mentionnés dans la littérature scientifique), ont été analysées. Lors d'un échange universitaire de trois mois au Québec, les villes de Montréal et Québec ont également été étudiées.

Analyse des pratiques des professionnels de l'urbanisme

Un des objectifs du projet CapaCités était d'explorer les pratiques et connaissances des professionnels liées à l'adaptation aux changements climatiques. Ainsi, des ateliers ont été organisés et ont rassemblés des professionnels de Midi-Pyrénées pendant deux demi-journées en mai et juin 2015. Pendant ces ateliers les participants ont entrepris un projet urbain fictif où ils devaient faire une proposition d'aménagement d'un quartier à Toulouse, qui correspondait à un programme simplifié et des demandes d'adaptation particuliers. Ces ateliers ont également permis une première analyse des pratiques

⁸ La doctorante a obtenu trois bourses pour les travaux de la thèse.

- Bourse « Aide à la mobilité internationale » attribuée par l'Université de Toulouse pour un séjour de recherche à Québec, Canada en 2016 (1450 €).
- Bourse « Eva et Erik Anker » (Eva og Erik Ankers legat) obtenue en 2014 (5000 €) et 2016 (4000 €). Cette bourse est attribué à des étudiants norvégiens faisant leurs études supérieures en France, et a pour but de promouvoir la culture et connaissance française en Norvège.

professionnelles par rapport à la mobilité urbaine. Les résultats des sessions ont été analysés dans le cadre de la thèse, explorant en particulier :

- Comment les professionnels considéraient et traitaient la mobilité dans un processus de conception ? (Quelle priorité les professionnels donnent-ils à la mobilité par rapport aux autres enjeux du projet ? Les professionnels considèrent-ils que leurs choix de conception influencent le comportement de mobilité des habitants ? Comment lient-ils leur projet au système de mobilité de la ville ?)
- Quelles solutions pour favoriser les transports doux ont été considérées puis retenues ? Pour quelles raisons ?

Les résultats ont montrés que la mobilité avait un rôle structurant pour le projet d'aménagement d'un quartier. De manière générale, les professionnels avaient tous une approche holistique de la conception du quartier, avec pour objectif central la qualité de vie des futurs habitants. De fait, chaque solution choisie était toujours évaluée selon son influence sur la totalité du projet. Il en était de même avec la mobilité, qui avait cependant un rôle encore plus décisif dans les choix de conception que les autres thématiques. Les praticiens percevaient la mobilité comme un besoin des habitants, mais aussi comme un moyen de résoudre d'autres enjeux tel que la cohésion et la vie sociale du quartier. La mobilité était évoquée dans les premières phases de conception et restait un élément important pendant tout le processus. De plus, les professionnels ont montré une forte connaissance des solutions et mesures physiques possibles pour encourager certaines mobilités, pour créer des ambiances agréables pour la vie du quartier, ou bien résoudre des problèmes sociaux – tous liées à la manière dont les habitants allaient se déplacer dans le quartier. Ces observations ont alors mis en avant l'importance de mieux comprendre les pratiques des professionnels de l'urbain liées à la mobilité, et le rôle de la mobilité quotidienne des habitants urbains dans un projet d'aménagement. Un article de conférence synthétise ces observations (voir [Annexe 6](#)).

La méthodologie choisie pour approfondir ces questions s'appuie sur la consultation de professionnels de l'urbain sous forme d'entretiens et de sondages. Les entretiens sont qualitatifs et questionnent les points de vues du professionnel sur la relation environnement bâti/mobilité urbaine, la manière dont la mobilité influence le projet urbain et le processus de conception, et les expériences du professionnel sur le sujet. Ces entretiens semi-directifs durent environ 1h30, et prennent la forme d'une conversation autour des pratiques, expériences, et observations du professionnel. Plus d'une vingtaines de professionnels ont été interrogés. Le sondage est d'un caractère plus quantitatif. Les questions cherchent d'une part à confronter la connaissance des professionnels avec les résultats de la littérature scientifique, mais aussi de tester des hypothèses résultant des ateliers de CapaCités. 68 professionnels ont complétés ce questionnaire en entier. Le développement de la méthodologie pour la consultation des professionnels a été réalisé à l'Université Laval lors d'un séjour effectué par la doctorante de mars à mai 2016. Cette collaboration a permis de profiter de l'expérience des chercheurs du CRAD en terme d'entretiens et d'enquêtes.

Résultats

L'analyse de ces entretiens et sondages est en cours de finalisation mais de premiers résultats ont déjà émergés. [L'annexe 7](#) est un article de conférence présentant ces premiers résultats.

D'une part, les professionnels interrogés considèrent que la mobilité est un enjeu important et qu'elle contribue à la qualité d'un projet.

D'autre part, les questionnaires ont fait émerger des pistes pour agir sur les choix modaux au travers de la conception de l'environnement bâti. Il ont notamment mis en avant certaines qualités urbaines et certaines caractéristiques du paysage urbain permettant d'influencer les comportements de mobilité.

URBAN QUALITIES AND MODAL CHOICE (68 responses)	Walking	Cycling	Public transport
1. Connectivity - Connections between streets, pedestrian networks, etc. within and/or between several neighbourhoods	1,79	1,62	0,49
2. Legibility - How easily one can recognize and understand a neighbourhood, for instance to orient one-self	1,76	1,22	-0,01
3. Human scale - Dimension of built environments relative to human dimensions (e.g. street width, block size)	1,63	0,54	-0,62
4. Enclosure - To what extent buildings and other elements define and shape spaces	1,53	0,44	-0,57
5. Transparency – The possibility to see what goes on at the end of a street and past it, e.g. human activity or particular buildings	1,26	0,50	-0,71
6. Complexity - How a rich variety of buildings and other elements create a diverse visual impression	0,85	0,21	-0,97
7. Coherence – To what extent the built environment creates an overall impression, e.g. through shapes or facades	0,72	0,12	-1,03

Tableau 3 : Résultats du sondage liant qualités urbaines et choix modaux

Ce travail devrait conduire dans les prochains mois à la mise au point de fiches levier d'action spécifique à la mobilité dans le projet urbain.

4.3. Tache 2 : Méthode et résultats

4.3.1. Sous-tâche 2.1 « Construction d'un formulaire d'analyse environnementale de site »

L'analyse environnementale de site est une étape essentielle d'un projet architectural ou urbain. Cette étape permet d'identifier les opportunités et les contraintes environnementales du site. Ces deux éléments - opportunités et contraintes - vont fortement influencer :

- le parti architectural et/ou urbain, en particulier en ce qui concerne les choix d'implantation du bâti et les axes de transports
- les choix techniques à privilégier pour limiter l'impact environnemental du projet
- lorsqu'une démarche de qualité environnementale est mise en œuvre (type HQE), l'analyse de site va également influencer le profil environnemental choisi (quelles stratégies mettre en œuvre en priorité, quelles cibles environnementales privilégier, etc.).

Dans le cas du projet CapaCités, l'analyse environnementale de site est proposée sous la forme d'une questionnaire associé à une matrice dont l'objectif est de proposer aux utilisateurs un outil simple permettant de mettre en avant les enjeux environnementaux (potentiels et contraintes) liés à leur site de projet.

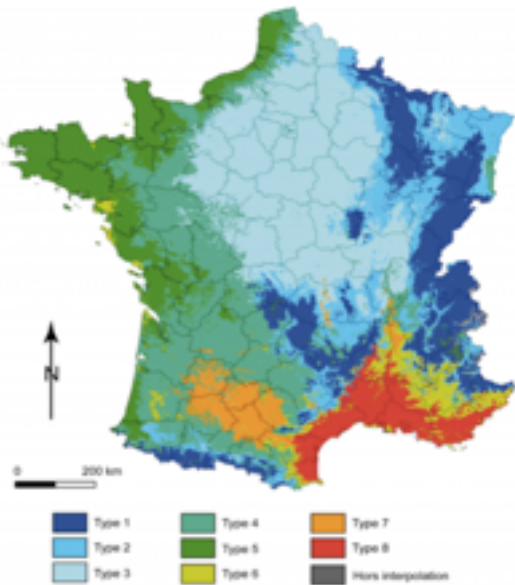
Le questionnaire proposé est structuré en sept parties récurrentes dans la plupart des analyses environnementales de site.

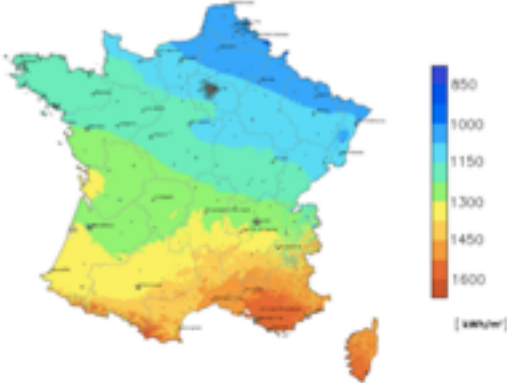

1. Généralités
2. Microclimat
3. Ressources locales
4. Contraintes règlementaires
5. Biodiversité
6. Mobilité
7. Nuisances

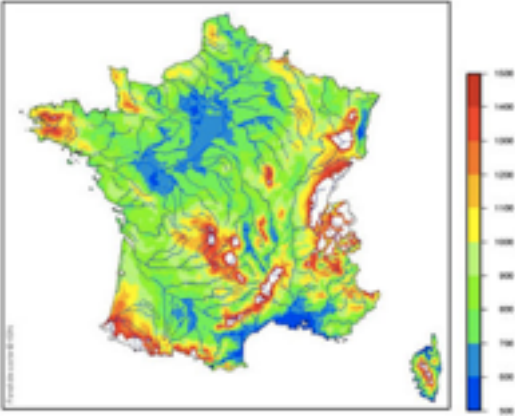
Le questionnaire est la synthèse des travaux de recherche menés au LRA sur cette thématique (Luc Adolphe, Frédéric Bonneaud, Uyen Bui To, Alain Chatelet, Jean-Pierre Cordier, Laure Fernandez, Pierre Fernandez, etc.⁹)

⁹ <http://lra.toulouse.archi.fr/lra/presentation/composition-du-laboratoire>

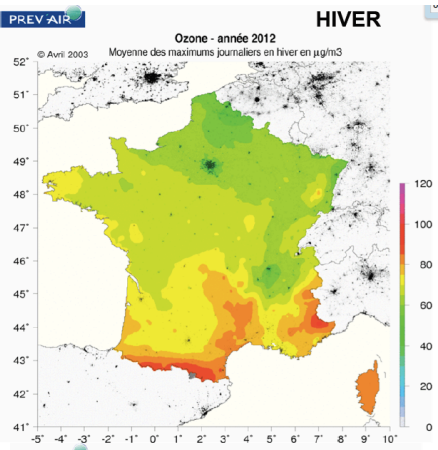
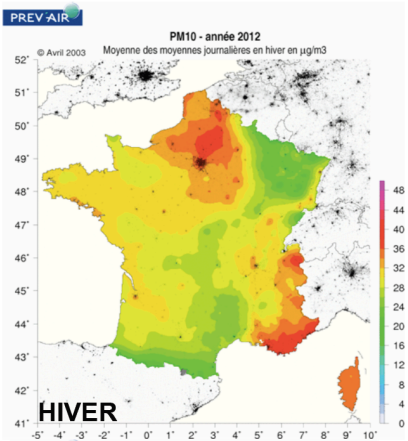
Tableau 4 : Questionnaire de l'analyse environnementale de site

		Questions	Choix	
Généralités		Q1. Le site se situe :	en milieu urbain dense	
			en périurbain	
dans un quartier pavillonnaire				
en milieu rural				
Généralités		Q2. Il s'agit d'une opération :	d'extension urbaine	
			de réhabilitation ou de rénovation	
d'une opération mixte (réhabilitation et rénovation)				
Microclimat	Climat	Q3. Sélectionner le type de climat :  http://cybergegeo.revues.org/23155	Type 1 : climat de montagne	
			Type 2 : climat semi-continental et climat des marges montagnardes	
			Type 3 : climat océanique dégradé des plaines du Centre et du Nord	
			Type 4 : climat océanique altéré	
			Type 5 : climat océanique franc	
			Type 6 : climat méditerranéen altéré	
			Type 7 : climat du Bassin du Sud-Ouest	
			Type 8 : climat méditerranéen franc	
	Vent		Q4. Le site se situe en front de mer, lac, fleuve ou zone humide.	oui
				non
Vent		Q5. La direction d'un vent dominant se superpose avec l'une des directions principales du réseau viaire existant sur le site (si une telle structure existe).	oui	
			non	

		Questions	Choix
Microclimat	Ensoleillement	Q6. La parcelle est en pente :	Vers le Sud
			Vers le Nord
			Autre pente
		Pas de pente	
		Q7. La structure viaire existante et la forme des parcelles permettent d'orienter la majorité des bâtiments selon un axe Nord-Sud	oui
			non
		Q8. Des bâtiments de 2 étages ou plus sont présents au Sud de la parcelle	oui
			non
Ressources locales	Énergies renouvelables	Q9. Potentiel d'ensoleillement	< 1300 kWh/m2
		 <p>(d'après http://www.pactes-energie.org/ressources-documentaires/lenergie-en-quelques-notions/1105-2/)</p>	entre 1300 et 1150 kWh/m2
			> 1150 kWh/m2
		Q10. Potentiel éolien	Zone 1 (violet)
 <p>(d'après http://www.pactes-energie.org/ressources-documentaires/lenergie-en-quelques-notions/1105-2/)</p>	Zone 2 (orange)		
	Zone 3 (jaune)		
	Zone 4 (vert)		
	Zone 5 (bleu)		

		Questions	Choix
Ressources locales	Pluviométrie	Q11. Pluviométrie :	
		 <p>(d'après http://www.meteofrance.fr/climat-passe-et-futur/climat-en-france/le-climat-en-metropole#)</p>	Faible (<700 mm)
			Moyenne (entre 700 et 1100 mm)
		Elevée (> 1100 mm)	
	Matériaux	Q12. Présence de matériaux biosourcés locaux (terre, pierre, bois de construction, etc.)	oui
			non
Contraintes réglementaires	PLU	Q13. Prospect maximal	Peu élevé (< 0,5)
			Moyen (entre 0,5 et 1)
			Assez élevé (entre 1 et 2)
			Elevé (entre 2 et 2,5)
			Très élevé (>2,5)
		Q14. CES maximal	CES max inférieur ou égal à 50%
			CES max entre 50 et 75%
			CES max supérieur à 75 %
	Autres	Q15. Contraintes réglementaire sur les matériaux	oui
			non
	Q16. Le projet se situe sur le périmètre de protection d'un monument historique ou d'un site classé	oui	
		non	
	Q17. Le projet se situe sur le périmètre d'un plan de prévention des inondations	oui	
		non	
Biodiversité	Abords	Q18. Présence d'espaces verts à proximité du site (espaces agricoles, parc urbain, jardins privés).	oui
			non
	Site	Q19. Présence d'espaces naturels protégés et/ou de corridors écologiques sur le site	oui
			non
		Q20. Présence d'espèces végétales et/ou animales remarquables sur le site	oui
			non

		Questions	Choix
Mobilité	Localisation	Q21. Distance aux commerces les plus proches	moins de 500 m
			entre 500 m et 1 km
			entre 1 et 2 km
			Plus de 2 km
	Accessibilité	Q22. Distance au centre ville le plus proche (par rapport à la mairie)	moins de 500 m
			entre 500 m et 2 km
			entre 2 et 5 km
			entre 5 et 10 km
			entre 10 et 20 km
			plus de 20 km
Accessibilité	Q23. Site accessible en transport en commun	Facilement accessible : arrêt de transport en commun à moins de 500 m, fréquence inférieur à 10 minutes	
		Accessible : arrêt de transport en commun à moins d'un kilomètre, ou existence d'un parking relais à moins de 15 km	
	Q24. Présence de pistes cyclables et/ou piétonnes pour accéder au site	Pas accessible	
Nuisances	Bruit	Q25. Présence de sources de nuisance sonore à proximité du site (circulation automobile, voie ferrée, trafic aérien, etc.)	oui
			non
	Pollution des sols	Q26. Existence d'un ancien site pollué sur la parcelle Consulter les inventaires nationaux : http://basias.brgm.fr/ http://basol.developpement-durable.gouv.fr/	oui
			non

		Questions	Choix
Nuisances	Pollution de l'air	<p>Q27. La qualité de l'air est :</p>  <p>Ozone - année 2012 Moyenne des maximums journaliers en hiver en µg/m3</p>	<p>plutôt mauvaise (moyenne ozone > 60 ug/m3 et/ou moyenne PM10 > 28 ug/m3)</p>
		 <p>PM10 - année 2012 Moyenne des moyennes journalières en hiver en µg/m3</p>	<p>plutôt bonne (moyenne ozone < 60 ug/m3 et moyenne PM10 < 28 ug/m3)</p>
		<p>http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/Bilan_de_la_qualite_de_l_air_2012_v_finale_corrige_e_.pdf https://www.airparif.asso.fr/pollution/effets-de-la-pollution-generalites</p>	

Les réponses aux questions vont permettre d'établir les potentiels et les contraintes du site vis-à-vis de sept thématiques environnementales :

Tableau 5 : Thématiques environnementales

Thématiques environnementales	Microclimat	Sobriété énergétique des bâtiments	Mobilité	Biodiversité	Énergies renouvelables	Gestion de l'eau	Matériaux
Traduction en potentiel ou contrainte	Contraintes liées à l'ICU	Potentiel de conception bioclimatique	Potentiel de développement mobilité active et TC	Contraintes liées à la préservation de la biodiversité	Potentiel de production d'énergies renouvelables	Contraintes pour la gestion de l'eau sur la parcelle	Potentiel d'utilisation de matériaux locaux

Chaque question se décline ainsi en plusieurs choix (de 2 à 8 choix possibles). Un seul choix peut être fait par l'utilisateur. Chaque choix correspond à des notes, entre -3 et 3, qui s'appliquent à une ou plusieurs thématiques environnementales. C'est ce que nous nommerons par la suite la matrice. Pour chaque question, l'option « Je ne sais pas / je ne souhaite pas répondre » est aussi proposée à l'utilisateur.

Tableau 6 : Matrice de l'analyse environnementale

N° de Question / Réponse	Contraintes liées à l'ICU	Potentiel de conception bioclimatique	Potentiel de développement mobilité active et TC et réduction véhicule privé	Contraintes liées à la préservation de la biodiversité	Potentiel de production d'énergies renouvelables	Contraintes pour la gestion de l'eau sur la parcelle	Potentiel d'utilisation de matériaux locaux
Q1 R1	3	-2	2		-3	-3	
Q1 R2	2	-1	0		-1	-2	
Q1 R3	1	0	-2		1	-1	
Q1 R4	0	0	-3		1	0	
Q2 R1			0	2			0
Q2 R2			0	0			3
Q2 R3			0,5	0			2
Q3 R1	0						
Q3 R2	1						
Q3 R3	2						
Q3 R4	2						
Q3 R5	1						
Q3 R6	3						
Q3 R7	3						
Q3 R8	3						
Q4 R1	-2			1	1	1	
Q4 R2	0			0	0	0	
Q5 R1	-3		-1		1		
Q5 R2	0		0		0		
Q6 R1		3					
Q6 R2		-3					

N° de Question / Réponse		Contraintes liées à l'ICU	Potentiel de conception bioclimatique	Potentiel de développement mobilité active et TC et réduction véhicule privé	Contraintes liées à la préservation de la biodiversité	Potentiel de production d'énergies renouvelables	Contraintes pour la gestion de l'eau sur la parcelle	Potentiel d'utilisation de matériaux locaux
Q6	R3		-1					
Q6	R4		0					
Q7	R1		3					
Q7	R2		-1					
Q8	R1		-0,5					
Q8	R2		0					
Q9	R1					3		
Q9	R2					1,5		
Q9	R3					0		
Q10	R1					3		
Q10	R2					2		
Q10	R3					1		
Q10	R4					0		
Q10	R5					0		
Q11	R1						0	
Q11	R2						1	
Q11	R3						2	
Q12	R1							3
Q12	R2							0
Q13	R1	0	0					
Q13	R2	0	0					
Q13	R3	1	-1					
Q13	R4	2	-2					
Q13	R5	3	-3					
Q14	R1	-2			-1			
Q14	R2	0			0			
Q14	R3	2			2			
Q15	R1	1						1
Q15	R2	0						0
Q16	R1					-1		3
Q16	R2					0		0
Q17	R1						3	
Q17	R2						0	
Q18	R1	-2			2			
Q18	R2	2			0			
Q19	R1				3		1	
Q19	R2				0		0	
Q20	R1				3		1	
Q20	R2				0		0	
Q21	R1			3				
Q21	R2			1				
Q21	R3			-1				
Q21	R4			-3				

N° de Question / Réponse		Contraintes liées à l'ICU	Potentiel de conception bioclimatique	Potentiel de développement mobilité active et TC et réduction véhicule privé	Contraintes liées à la préservation de la biodiversité	Potentiel de production d'énergies renouvelables	Contraintes pour la gestion de l'eau sur la parcelle	Potentiel d'utilisation de matériaux locaux
Q22	R1			3				
Q22	R2			2				
Q22	R3			1				
Q22	R4			-1				
Q22	R5			-2				
Q22	R6			-3				
Q23	R1			3				
Q23	R2			0				
Q23	R3			-3				
Q24	R1			3				
Q24	R2			-3				
Q25	R1		2					
Q25	R2		0					
Q26	R1						3	
Q26	R2						0	
Q27	R1	1		-1				
Q27	R2	0		0				

La matrice doit permettre, en fonction des réponses données par un utilisateur, de prioriser les thématiques environnementales à traiter dans un projet. Pour cela, les notes vont être agrégées pour chaque thématique.

Pour une thématique donnée, on considère uniquement les n questions pour lesquelles une note a été définie (p , défini entre -3 et 3).

A ces n questions on retire les m questions pour lesquelles l'utilisateur a coché « Je ne sais pas / je ne souhaite pas répondre ».

Pour les $(n - m)$ questions restantes, on fait la moyenne des notes correspondant aux choix de l'utilisateur divisées par 3.

$$Score = \frac{\sum_{i=1}^{n-m} p_i}{n - m} = \frac{\sum_{i=1}^{n-m} p_i}{3(n - m)}$$

Les thématiques ont ensuite des scores qui peuvent varier, en fonction des thématiques et des réponses des utilisateurs entre -0,79 et 0,83 (valeurs pour les notes définies le 03/02/2017). On notera que les notes définies ne permettent pas d'atteindre les mêmes scores maximaux et minimaux pour chaque thématique. Il est donc nécessaire de normaliser les scores thématiques entre 0 et 1 pour pouvoir comparer les thématiques entre elles (0 et 1 correspondraient respectivement au score minimal et au score maximal atteignables pour une thématique).

$$Score\ normalisé\ thématique = \frac{Score - Score\ minimal\ thématique}{Score\ maximal\ thématique - Score\ minimal\ thématique} \times 100$$

Un score proche de 100% signifie que la thématique est prioritaire (c'est soit une contrainte forte soit un fort potentiel pour agir sur l'adaptation au changement climatique), un score proche de 0% signifie que la thématique n'est pas prioritaire.

L'interface suivante permet de faire apparaître les sept thématiques environnementales par score décroissant (en affichant leur score et leur rang). L'utilisateur est ensuite libre de sélectionner les thématiques les mieux classées ou d'autres thématiques qui lui semblent pertinentes. Il constitue ainsi le « profil environnemental du projet ».

En fonction des thématiques sélectionnées, l'interface propose alors des leviers d'action correspondants (voir chapitre ci-après).

4.3.2. Sous-tâche 2.2 « Constitution d'une base de connaissances sur les leviers d'actions »

Les « **fiches leviers d'action** » sont des supports permettant aux professionnels de l'aménagement urbain d'appréhender rapidement des familles de solutions pour l'adaptation des quartiers au changement climatique. Nous avons pour l'instant proposé 14 fiches, dont 13 sont déjà intégrées à l'outil (voir Annexe 8).

Les fiches « levier s'action » sont structurées en quatre parties :

- une partie « généralités et définition » qui définit la thématique.
- une partie « valeurs de référence » qui donne des exemples concrets d'aménagement en rapport avec la thématique.
- une partie « impacts sur l'adaptation » qui explique comment le levier d'action peut agir sur l'adaptation au changement climatique.
- et une partie « interactions » qui renseigne principalement sur l'impact du levier d'action sur les autres thématiques environnementales

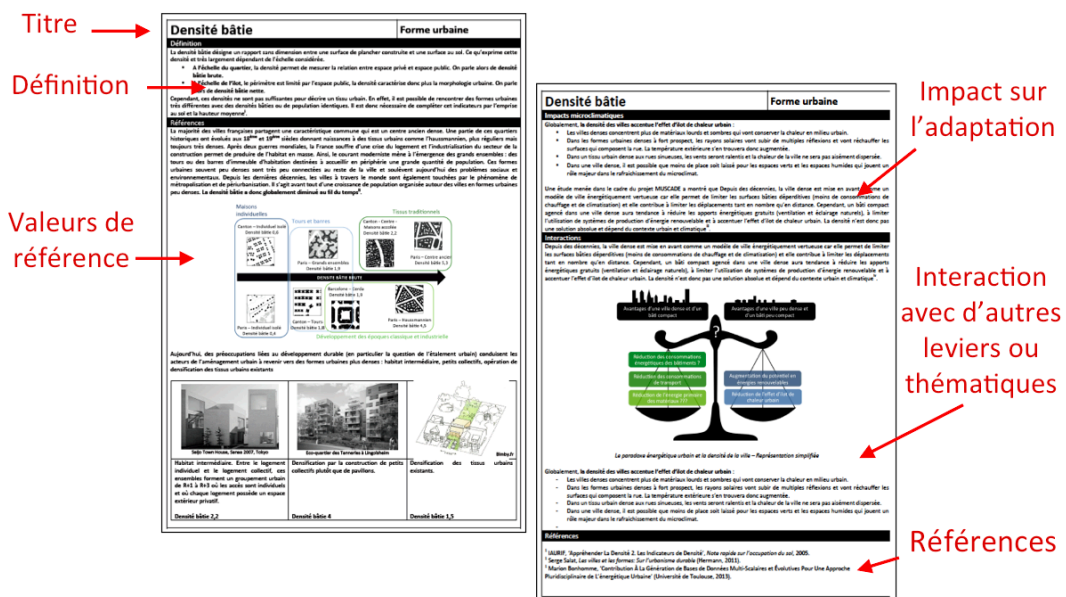


Figure 6 : Structuration des fiches leviers d'action

Ces leviers d'action sont liés aux thématiques environnementales par un système de pondération entre 0 et 3 (0 signifiant que le levier d'action n'agit pas ou peu sur la thématique, 3 signifiant qu'il agit beaucoup).

Tableau 7 : Liens entre les leviers d'action et les thématiques environnementales

Thématiques environnementales principales	Mobilité et accessibilité	Sobriété énergétique des bâtiments	Microclimat urbain	Production d'énergies renouvelables	La biodiversité et ses bénéfices collatéraux	Gestion de l'eau	matériaux (impacts environnementaux)
Fiches leviers d'action							
Revêtements urbains			2			2	2
Isolation / inertie		3	1				3
Densité		1	1				
Prospect		1	1	1			
Emprise au sol / Compacité		1	1		1	1	
Protections solaires		2	2				
Ventilation / Vents		1	2	1			
Surfaces végétalisées			3		3	2	
Hydrologie urbaine			1		2	3	
Espaces en eau			3		2	3	
Climatisation		2	1				
Usages	3	2					
Capteurs solaires			1	3			
Corridors écologiques			2		3	2	

Le principe est d'afficher les leviers d'actions correspondants aux thématiques environnementales sélectionnées et classés par score décroissant. Le score de chaque levier d'action est calculé ainsi :

$$\text{Score levier d'action} = \sum_i p_i \times S_i$$

où :

- p_i est la pondération du levier d'action pour la thématique environnementale i (entre 0 et 3)
- S_i vaut 1 si la thématique environnementale i est sélectionnée et 0 si la thématique environnementale i n'est pas sélectionnée

A coté du nom de chaque levier d'action de la liste proposée, des pictogrammes renseignent l'utilisateur sur les thématiques environnementales impactées par ce levier. Cela permet d'avoir une vision synthétique de l'efficacité de chaque levier.

L'utilisateur peut également cliquer sur le nom de chaque levier pour consulter la fiche complète.

L'utilisateur peut ainsi, parmi la liste de leviers d'action de son projet, sélectionner ceux qui lui paraissent les plus pertinents.

4.3.3. Sous-tâche 2.3 « Constitution d'une base de connaissances sur des projets exemplaires »

Une fois les levier d'action sélectionné, l'utilisateur peut passer à la dernière étape du processus. Dans cette phase, un nouvel interface propose une liste de projets mettant en œuvre les leviers d'actions sélectionnés par l'utilisateur. Nous avons pour l'instant proposé 42 fiches, dont 10 sont déjà intégrées à l'outil (voir Annexe 9).

Les « fiches projets » présentent des exemples concrets de quartiers qui doivent pouvoir accompagner les concepteurs dans l'initiation d'un projet, mais aussi, en amont, dans la compréhension des problématiques liées à l'atténuation au changement climatique. Chaque fiche est organisée en deux parties : une première partie intitulée « Description générale du projet » et une deuxième partie intitulée « Face au changement climatique : dispositifs d'atténuation et d'adaptation ». Cette deuxième partie se décompose en 7 chapitres :

- Mobilité et accessibilité
- Sobriété énergétique des bâtiments
- Microclimat urbain
- Production d'énergies renouvelables
- La biodiversité et ses bénéfices collatéraux
- Gestion de l'eau
- Impacts environnementaux des matériaux

Tableau 8 : Récapitulatifs des « fiches projet »

Nom du projet	Type d'opération	Ville	Pays
22@Barcelona	Reconversion friche industrielle	Barcelone	Espagne
Ginko	Quartier de 6000 habitants	Bordeaux	France
Le Trapèze	Reconversion de friches industrielles et renouvellement urbain	Boulogne	France
Ecoquartier de Forcalquier	Renouvellement urbain d'un centre ancien	Forcalquier	France
Zac de Bonne	Reconversion d'une caserne militaire	Grenoble	France
Bouchayet Viallet	Renouvellement urbain	Grenoble	France
ZAC du Plateau à Ivry-sur-Seine	Opération de renouvellement urbain	Ivry-sur-Seine	France
ZAC CAMP COUNTAL	Extension ville nouvelle	Le Séquestre (Tarn)	France
La Duchère	Rénovation urbaine	Lyon	France
Euroméditerranée	Opération d'aménagement et de développement économique	Marseille	France
Les Grisettes	Extension urbaine	Montpellier	France
Parc Marianne	Extension urbaine	Montpellier	France
ÉCO-HAMEAU	Quartier pavillonnaire	Paluel (Haute-Normandie)	France
Ecoquartier Fréquel-	Réhabilitation et construction	Paris	France

Nom du projet	Type d'opération	Ville	Pays
Fontarabie	logements + Crèche		
Quartier Europe	Opération de renouvellement urbain	Saint-Brieuc	France
Ecoquartier Valdespartera	Extension urbaine	Saragosse	Espagne
parc du Heyritz	Aménagement d'un parc	Strasbourg	France
ZAC ANDROMÈDE	Extension urbaine	Toulouse	France
ZAC MONGES-CROIX-DU-SUD	Extension urbaine	Toulouse	France
Quartier de la confluence	Extension / renouvellement urbain	Lyon	France
Les rives de la Saone	Aménagement d'un parc	Lyon	France
G.P.V. Vaulx en Velin	Renouvellement urbain	Lyon	France
Avenue Passein de SAn Juan	Aménagement d'un espace public	Barcelone	Espagne
G.P.V. Malakoff	Renouvellement urbain	Nantes	France
Ile de Nantes	Extension / Renouvellement urbain	Nantes	France
Montaudran Aerospace	Extension urbaine	Toulouse	France
quartier La courrouze St Jacques la Lande	Reconversion friches/ extension urbaine	Rennes	France
Espaces publics centre ville	Aménagement	Vieux Boucau	France
Bab Draa	ville nouvelle		Maroc
site ecotouristique de Tifnit	ville nouvelle		Maroc
Pole d'entrée de ville	Extension urbaine	St Paul de la réunion	France, La Réunion
Pole commercial Ruban bleu	Extension urbaine	St Nazaire	France
quartier d'Anfa	Extension urbaine	Casablanca	Maroc
quartier de BedZED	extension urbaine	Londres	G. Bretagne
quartier de Maisonneuve	extension urbaine	Guerande	France
Quartier Sophia Antipolis "Cote 121"	renouvellement technopole	Nice	France
Coeur de ville	Renouvellement urbain	La Possession	France, La Réunion
Écoquartier des Rives de la Haute Deûle	Renouvellement Urbain	Lille	France
Maison du parc	Siège du Parc National de La Réunion	Plaine-des-Palmistes	France, La Réunion
Éco-quartier "Séqué"	Extension Urbaine	Bayonne	France
ZAC Méridia	Extension Urbaine	Nice	France

Pour chaque fiche projet, une partie « **dispositifs** » permet de donner des exemples concrets de dispositifs ayant été mis en œuvre dans un contexte donné. Ces exemples permettent de mieux saisir la faisabilité d'un levier d'action dans un projet.

Tableau 9 : Récapitulatifs des « fiches dispositifs »

Thématiques environnementales principales	Mobilité et accessibilité	Sobriété énergétique des bâtiments	Microclimat urbain	Production d'énergies renouvelables	La biodiversité et ses bénéfices collatéraux	Gestion de l'eau	matériaux (impacts environnementaux)
Fiches dispositif							
Chauffage au biogaz				x			
Béton a fort albédo			x				
Réseau de chaleur				x			
Géothermie par capteurs verticaux				x			
Toitures en chaume		x	x				x
Noues					x	x	
Centrale de trigénération				x			
Boucle à eau de mer				x			
Traitement des eaux usées par phytoremédiation					x	x	
Façade double peau							
Mur trombe à eau		x					
Utilisation du sable comme matériau de toiture		x	x				
Véranda solaire		x					
Rue du vent			x				
Collecte des déchets par un réseau souterrain							
Trames vertes et bleues					x	x	
Toiture en polyéthylène		x					
Eolien urbain				x			
Récupération de chaleur fatale (réseau de chaleur mutualisé)				x			
Jardin en patio		x					
Toiture végétale		x	x		x	x	
Smart grid		x				x	
Pierre porteuse		x	x				x

Ces projets sont liés aux leviers d'action par un système de pondération entre 0 et 2 (0 signifiant que le levier d'action n'est peu ou pas intégré au projet, 2 signifiant que le levier d'action est efficacement intégré au projet).

Tableau 10 : Liens entre les projets et les leviers

		Densité	Prospect	Emprise / Compacité	Vents / ventilation	Protections solaires	Surface végétalisée	Hydrologie	Espaces en eau	Revêtements urbains	Isolation / Inertie	Capteurs solaires	Climatisation	Usages
22 @ Barcelona	Barcelone	0	0	0	2	2	0	0	0	0	2	2	2	1
ZAC Andromède	Blagnac	2	2	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	1
Ecoquartier Ginko	Bordeaux	1	1	1	2	1	1	2	2	1	2	1	1	0
ZAC de Bonne	Grenoble	1	1	1	1	1	2	1	0	2	1	1	2	0
Quartier de la Duchère	Lyon	2	1	2	2	1	2	2	1	2	1	1	1	1
Zac des Grisettes	Montpellier	1	2	0	1	2	1	0	0	1	2	1	1	1
Ecoquartier Parc Marianne	Montpellier	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	1
ZAC Méridia	Nice	0	0	1	2	2	2	1	1	2	2	1	1	1
Ecoquartier de la Courrouze	Rennes	2	1	2	2	1	2	2	2	2	2	1	1	1
Toulouse Aerospace	Toulouse	1	0	0	2	2	1	0	1	2	2	1	1	1

Encore une fois, le principe est d'afficher les projets correspondants aux leviers d'action sélectionnés et classés par score décroissant. Le score de chaque projet est calculé ainsi :

$$Score\ projet = \sum_j p_j \times S_j$$

où :

p_j est la pondération du projet pour le levier d'action j (entre 0 et 3)

S_j vaut 1 si le levier d'action j est sélectionné et 0 si le levier d'action j n'est pas sélectionné.

4.3.4. Sous-tâche 2.4 « Développement de l'interface web de l'outil »

Le développement de l'outil s'est basée sur une approche du type « méthode agile ». Il s'agit d'une méthode dédiée au développement informatique dont l'objectif est d'être plus pragmatique et centrée sur les utilisateurs. Nous avons ainsi mis en œuvre un développement collaboratif et itératif avec des réunions développeurs / équipe de recherche toutes les deux semaines. Des démonstrations à chaque itération ont permis de faire évoluer le contenu fonctionnel, d'évaluer les modifications et de constater l'avancement du projet.

En terme de choix de technologie de développement, la mise en perspective du cahier des charges du projet nous ont amenés à nous tourner vers les plateformes CMS¹⁰ pour plusieurs raisons :

- La première raison est que nous souhaitons un outil évolutif et administrable sans connaissances de la programmation informatique. En ce sens, l'avantage des CMS est qu'ils permettent d'ajouter / modifier / supprimer du contenu par le biais d'interfaces intuitives, mais aussi de les caractériser par des systèmes de taxinomies.
- La deuxième raison est la nécessité de permettre à chaque utilisateur de l'outil de se créer un compte et d'y créer différents projets. Ce compte ne doit pas pour autant permettre à chaque utilisateur d'accéder à l'administration de l'outil. En ce sens, l'avantage d'un CMS est qu'ils permettent une gestion des utilisateurs avec plusieurs niveaux de droits.
- La troisième raison est l'intérêt d'utiliser une base de gestion de contenus existante, afin de ne travailler que sur le cœur du projet CapaCités. Cela permet une réduction du temps du travail qui permet de se focaliser sur la conception du cœur de l'outil. Réduction des coûts.

La solution retenues parmi les CMS existants est la plateforme WORDPRESS¹¹.

Wordpress est une plateforme de gestion de contenu libre et gratuite. Elle offre une base logicielle simple qui peut-être étendue très facilement grâce à sa modularité, tant sur les fonctionnalités (plugins) que sur l'apparence (thèmes).

Cette plateforme offre aussi un framework de développement principalement basé sur les technologies HTML5/CSS3/PHP et qui est largement utilisé et alimenté par une grande communauté de développeurs à travers le monde. Le développement de l'outil CapaCités a donc été réalisé dans un environnement de programmation stable et maintenable, avec un support réactif qui lui permet de gagner en fiabilité.

Nous nous sommes donc tournés vers cette solution avec l'objectif de développer un plugin et un thème Wordpress répondant au cahier des charges de l'outil CapaCités :

- **En terme de structure** : les contenus utilisés dans l'outil CapaCités (fiches leviers d'actions, fiches projets) ont pu facilement être assimilés aux contenus basiques de Wordpress, ainsi que les questions et réponses composant le formulaire d'analyse de site, liés entre eux aux différentes catégories d'analyse par un système de taxinomies. La structure de Wordpress a été exploitée dans une volonté d'optimisation de l'outil.
- **En terme d'évolutivité des contenus** : l'utilisation de la structure de contenu de Wordpress telle que décrite précédemment permet à l'outil CapaCités d'être évolutif : l'administrateur de l'outil pourra aisément, et sans connaissances particulières de programmation, ajouter des questions, des réponses, des catégories d'analyse de site, des thématiques environnementales, des fiches leviers d'actions, des fiches projets, etc.
- **En terme d'évolutivité de l'outil** : l'ajout de nouvelles fonctionnalités pourra être réalisée dans ce même environnement de programmation. En plus de la modularité intrinsèque à la plateforme Wordpress, CapaCités offre lui aussi une modularité structurelle par une conception purement orientée objet.

¹⁰ CMS : Content Management System, en français Système de Gestion de Contenu est un terme qui désigne un logiciel qui gère la création et la publication de documents, souvent de façon collaborative. Dans ce projet, on s'intéresse à des CMS en tant qu'applications web, c'est à dire à des logiciels d'aide à la mise en ligne de documents sur Internet.

¹¹ <https://fr.wordpress.org/>

- **Facilité d'installation et de configuration** : l'organisation du questionnaire et le calcul de ses réponses pour l'utilisateur ont pu être rassemblés dans le plugin CapaCités. Ce plugin peut s'installer sur une instance Wordpress comme n'importe quel autre plugin et, après l'importation du jeu de données de bases, est fonctionnel après sa simple activation. Il fonctionne en binôme avec le thème graphique développé qui lui offre une interface basée sur les technologies HTML5/CSS3/Javascript.

Le développement de l'outil est quasiment finalisé (voir Annexe 10), les étapes manquantes concernant principalement la saisie des fiches.

4.3.5. Sous-tâche 2.5 « Mise au point d'une charte graphique »

Un travail conséquent a été mené sur la charte graphique de l'outil CapaCités avec un double objectif :

- Renforcer l'attractivité de l'outil destiné à un public sensible au graphisme et à l'esthétique des sites internet
- Faciliter la lisibilité et l'intuitivité de la navigation dans le site.

Pour répondre à ces objectifs, nous avons fait le choix de travailler sur un visuel plutôt sobre, avec une palette de couleur réduite et des pictogrammes en noir et blanc.

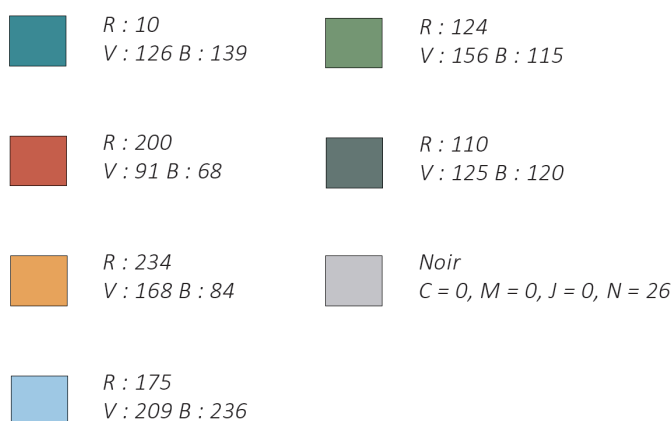


Figure 7 : Palette graphique du site CapaCités



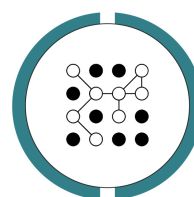
Bienvenue sur l'outil CapaCités !



L'outil



Le projet
Capacités



Les ressources



Plan du site
Conditions générales d'utilisation
Mentions légales

Site du LRA
Site de l'ENSA Toulouse
Site de l'ADEME

Nous écrire

Figure 8 : page d'accueil du site CapaCités

4.3.6. Sous-tâche 2.6 « Élaboration d'un programme de formation à destination des professionnels »

L'élaboration d'un programme de formation à destination des professionnels est actuellement en cours et sera proposé durant l'année scolaire 2017-2018 de la formation continue de l'ENSA. La formation se déroulera en 7 modules d'une demi journée chacun. Les professionnels auront le choix de s'inscrire à un ou plusieurs modules.

La majorité de ces modules sont actuellement expérimentés par des étudiants de l'ENSA de Toulouse (modules marqués d'une étoile). Bien que les participants n'aient pas le même profil, cette expérimentation nous permet de constituer une équipe pédagogique et d'apprécier la faisabilité des exercices prévus.

Tableau 11 : Programme de formation continue

Module n°1*	Analyse environnementale de site	
	<p>Analyse de site à l'échelle de la parcelle. Comment s'orienter par rapport au soleil, aux vents mais aussi par rapport aux autres opportunités et contraintes du site (vues, bruit, risques naturels et technologiques, etc.).</p> <p>Que rechercher, où trouver les données, avec quels outils les analyser</p>	<p>Apports théoriques</p> <p>Étude de cas grâce à des outils et données accessibles en lignes (outil CapaCités)</p> <p>Prise en main SIG</p>
Module n°2*	Bilan thermique à l'échelle urbaine	
	<p>Découverte du logiciel Archiwizard pour la comparaison de différents agencements urbains.</p> <p>Impact de l'orientation des rues, du prospect et de l'implantation d'un bâtiment sur une parcelle sur l'énergétique.</p> <p>Comment intégrer les énergies renouvelables en milieu urbain.</p>	<p>Apports théoriques (outil CapaCités)</p> <p>Manipulation du logiciel Archiwizard</p> <p>Modélisation de cas d'études (outil CapaCités)</p>
Module n°3*	Matériaux, isolation et inertie	
	<p>Impact des propriétés thermiques des matériaux sur le bilan énergétique du bâtiment et de la ville.</p> <p>Introduction de la notion d'analyse en cycle de vie.</p> <p>Comparaison de cas d'études.</p>	<p>Apports théoriques (outil CapaCités)</p> <p>Manipulation du logiciel Archiwizard</p> <p>Modélisation de cas d'études (outil CapaCités)</p>
Module n°4*	Dimensionnement des vitrages et des protections solaires	
	<p>Dimensionnement des baies et des protections solaires en fonction de leurs impacts sur le confort visuel, thermique et sur les besoins énergétiques du bâtiment.</p> <p>Impact des masques à l'échelle de la parcelle et des différentes morphologies urbaines</p>	<p>Apports théoriques (outil CapaCités)</p> <p>Manipulation du logiciel Archiwizard</p> <p>Modélisation de cas d'études (outil CapaCités)</p>
Module n°5	Microclimat urbain et confort extérieur	
	<p>Comprendre les leviers d'actions sur le microclimat urbain et le confort extérieur.</p> <p>Concevoir des espaces verts pour créer des îlots de fraîcheurs urbain (taille, emplacement, choix des espèces, etc.)</p>	<p>Apports théoriques (outil CapaCités)</p> <p>Analyse de cas d'études (outil CapaCités)</p>
Module n°6*	Ventilation urbaine	
	<p>Phénomènes liés au vent et au tirage thermique ; profil du vent et rugosité ; calcul débit ...</p> <p>Bonnes pratiques urbaine (agencements l-des bâtiments les uns par rapport aux autres) et architecturales (ouvertures en façade, orientation aux vent dominants, pièces traversantes)</p>	<p>Apports théoriques (outil CapaCités)</p> <p>Etudes de cas (outil CapaCités) via des outils simplifiés et grâce à un logiciel (Envimet)</p>
Module n°7	Mobilité et transport	
	<p>Comment agir sur l'aménagement urbain pour favoriser les transports doux dans et au travers d'un quartier.</p>	<p>Apports théoriques (outil CapaCités)</p> <p>Analyse de cas d'études (outil CapaCités)</p>

4.4. Tache 3 : Méthode et résultats

4.4.1. Objectifs et méthode de l'atelier

Nous avons souhaité mettre en œuvre un atelier pour tester l'outil en cours de développement. La date de l'atelier a été fixée au 30 mars 2017, échéance nous permettant d'avoir suffisamment avancé sur la structuration fonctionnelle de l'outil tout en conservant la possibilité de modifier les développements en cours.

L'outil développé avec WORDPRESS n'étant cependant pas utilisable à cette date, nous avons donc mis au point une version bêta de l'outil, notamment en utilisant Excel. Cette version très simplifiée de l'outil n'a permis de tester que les deux premières étapes de l'outil : la phase 1 d'analyse de site et la phase 2 de leviers d'actions. Il s'agissait cependant des étapes les plus critiques de la démarche.

Thèmes	Sous thèmes	Questions	Choix	Ne souhaite pas / Ne peut pas répondre
Biodiversité	Abords	Présence d'espaces verts à proximité du site (espaces agricoles, parc urbain, jardins privatifs).	Espaces verts abords <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non	<input type="checkbox"/>
	Site	Présence d'espaces naturels protégés et/ou de corridors écologiques sur le site	Biodiversité protégée <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non	<input type="checkbox"/>
		Présence d'espèces végétales et/ou animales remarquables sur le site	Biodiversité remarquable <input checked="" type="radio"/> Oui <input type="radio"/> Non	<input type="checkbox"/>

Navigation: << >>

Barre de navigation: Généralités | Microclimat | Ressources-locales | Contraintes-réglementaires | **Biodiversité** | Mobilité | Nuisances | Résultats | Matrice-envir

Figure 9 : Impression écran de la version simplifiée de l'outil utilisée lors de l'atelier

Les objectifs de l'atelier étaient :

- de valider le principe général de l'outil (dont la genèse et le fonctionnement souhaité ont été présentés en séance plénière) : intérêt des concepteurs pour l'outil, compatibilité avec leurs usages, etc.
- de valider la faisabilité de l'analyse de site sur un cas concret
- de valider l'appropriation des fiches leviers d'action par les concepteurs

L'atelier s'est déroulé sur une après-midi et a réuni quatre professionnels architectes ou urbanistes et quatre étudiants de master ou de doctorat de l'école d'architecture de Toulouse. Les étudiants sollicités avaient au moins un an d'expérience en agence d'architecture. L'atelier s'est déroulé en trois étapes. Tout

d'abord, le projet CapaCités et les grands principes de l'outil ont été présentés. Cette présentation plénière a aussi permis d'introduire le déroulement de l'atelier.

Dans un deuxième temps, les participants ont été répartis en deux groupes (professionnels et étudiants) pour tester l'outil sur un cas d'étude réel : la ZAC de Montaudran à Toulouse. Cette ZAC actuellement en cours de construction sous l'impulsion de Toulouse Métropole est un quartier sur lequel les partenaires du projet ont déjà eu l'occasion de travailler avec Toulouse Métropole. Les éléments fournis aux participants pour mieux comprendre le programme de la ZAC et son site d'implantation sont présentés **en annexe 11**. Ces éléments ont permis aux participants de compléter le formulaire d'analyse de site et de produire dans chaque groupe un profil environnemental de site : un classement des thématiques environnementales à traiter en priorité dans le projet. Tout au long de cette étape, des explications complémentaires ont été fournies aux participants par les animateurs. De la même manière, sur l'outil finalisé, l'analyse de site sera accompagnée de textes explicatifs et de liens vers des données et outils.

Dans une dernière étape, nous avons proposé aux participants un accès aux fiches leviers d'action correspondant au profil environnemental obtenu. L'atelier s'est finalement conclu sur une discussion informelle autour d'une collation.

4.4.2. Résultats de l'atelier

De manière générale, les participants ont beaucoup d'intérêt pour le principe et la structure générale de l'outil tel que prévu. L'analyse environnementale s'est globalement bien déroulée et les informations délivrées par les animateurs ont été jugées intéressantes.

Les participants ont cependant trouvé quelques questions de l'analyse de site difficiles à comprendre, ou pas suffisamment détaillées :

- Type de projet : affiner les catégories de projet (extension urbaine / renouvellement / mixte)
- Ressources locales : préciser ce que l'on attend par quantité (quelle quantité est suffisante ?).
- Contraintes réglementaire : expliquer en rappel les différentes définitions des éléments demandés (prospect, CES) et la manière de les obtenir.
- Mobilité : affiner les catégories d'accessibilité

Les participants ont également apprécié les fiches leviers d'action qui leur ont été proposées. En particulier, la fiche de synthèse correspondant au Tableau 7 : Liens entre les leviers d'action et les thématiques environnementales, a été très appréciée pour son caractère synthétique et global.

En revanche, certaines fiches, comme la fiche matériaux, ont été jugées trop théoriques.

Des suggestions nous ont également semblées pertinentes pour des développements futurs :

- Pour toutes les questions où des cartes sont utilisées, il pourrait être intéressant de récupérer les informations directement en géo-localisant le projet.
- Ajouter une thématique « bruit » dans les thématiques environnementales à traiter.

5. Communications

Le Tableau 12 contient l'ensemble des communications produites au cours des deux premières années du projet CapaCités.

Tableau 12 : Publications, exposés, rapports et autres documents produits

	Date	Nb participants
Articles dans une publication avec comité de lecture		
C. DUBOIS, CLOUTIER G., RYNNING M.K. & BONHOMME M. « City and Building Designers, and Climate Adaptation » doi: 10.3390/buildings6030028, Buildings 2016	Juillet 2016	s.o.
Publications dans des conférences internationales avec comité de lecture		
Maja Rynning. « Urban development as a strategy to reduce environmental consequences from mobility and transport? Presenting insights from planning and design practices ». Conférence PLEA (Passive Low Energy Architecture) à Édinbourg (Ecosse).	3-5/07/2017	100
Marion Bonhomme. « Adaptation of cities to climate change : incorporating the knowledge and practices of designers in a design-aid tool ». Conférence PLEA (Passive Low Energy Architecture) à Édinbourg (Ecosse).	3-5/07/2017	100
M.K. RYNNING « From Concepts To Actions For A Proactive Adaptation Of Cities – Incorporating The Knowledge And Practices Of Designers In A Design-Aid Tool », poster présenté au 4th Nordic Conference On Climate Adaptation « From Research to Actions and Transformations », Bergen, Norvège	29-31/ 08/2016	150
M.K. RYNNING « Reducing greenhouse gas emissions from urban mobility : Changing travel behaviours through an informed design process » poster à la conférence PLEA 2016 à Los Angeles, Etats Unis	14/07/2016	250
M. BONHOMME. « CapaCités des Connaissances aux Actions, Pour l'Adaptation des Cités » Colloque « La ville durable, à la portée des sciences ? »	15/06/2016	30
M.K. RYNNING « Quel impact de l'aménagement des quartiers sur les choix de modes de déplacement? Etude des pratiques des professionnels de l'urbain » au 13 ^e Colloque de la Relève Villes, Région, Monde (VRM) à Montréal, Canada	27/05/2016	50
M. BONHOMME. & L. ADOLPHE « CapaCités des Connaissances aux Actions, Pour l'Adaptation des Cités » Colloque R&D ADEME	18/05/2016	30
M.K. RYNNING "CapaCités - Exploration des pratiques des professionnels d'aménagement à travers des ateliers participatifs : Expérience d'un projet de recherche à Toulouse en France" au 84 ^{ème} Congrès de l'Association francophone pour le savoir (ACFAS), à Montréal, Canada, au colloque « Les effets de la participation publique en aménagement et en urbanisme"	09-10 /05/2016	40

	Date	Nb participants
M. BONHOMME, DUBOIS C., ADOLPHE L., CLOUTIER G., FARAUT S., RYNNING M.K. , PERE A. & SADOKH C. (2015), « The CapaCities project: from Concepts to Actions for a Proactive Adaptation of Cities». Building with Change, The 9 th International Conference on Urban Climate (ICUC9) », Toulouse, France, 20-24 juillet 2015.	24/07/2015	45
C. DUBOIS (2015), « The climate change adaptation roadmap; a novel tool to support architects and urban designers”. The Second biennial ‘European Climate Change Adaptation Conference’ (ECCA), Copenhagen, Danemark, 12-14 mai 2015.	14/05/2015	50
M.K. RYNNING « Réduction des consommations énergétiques et des émissions de GES liées à la mobilité urbaine – vers une approche intégrée entre la planification urbaine et la planification des transports » colloque Rencontres Interdisciplinaires Doctorales de l’Architecture et de l’Aménagement Durables (RIDAAD 2015) à Lyon, France	17/05/2015	50
Exposés ou rapports aux partenaires ou usagers		
Présentation du projet CapaCités et de la thèse associée aux membres de l’Institute of Transport Economics à Oslo, Norvège	25/02/2016	15
Exposé du projet dans le cadre de la semaine de la recherche (étudiants et encadrants/professeurs de l’ENSA Toulouse)	25/03/2016	25
Affiche du projet dans le cadre de la semaine de la recherche (étudiants ENSA Toulouse)	21/03/2016 au 25/03/2016	500
Réunion avec l’Institut de la Ville et l’APUM	25/03/2016	6
Réunion avec l’Institut de la Ville et l’APUM	15/12/2015	6
Réunion avec l’ordre des architectes	14/12/2015	5
Fiche descriptive du projet (partenaires, professionnels)	01/11/2014	1500
Exposé du projet dans le cadre de la semaine de la recherche (étudiants et encadrants/professeurs de l’ENSA Toulouse)	02/03/2015	25
Affiche du projet dans le cadre de la semaine de la recherche (étudiants ENSA Toulouse)	Du 2 au 6 février 2015	500
Fiche de synthèse et de restitution des résultats du sondage électronique (partenaires et professionnels)	16/04/2015	60
Exposé sur les enjeux de l’adaptation des villes au changement climatique (professionnels et partenaires).	07/05/2015 & 12/05/2015	22
Autres		
Page web du projet http://lra.toulouse.archi.fr/lra/activites/projets/capacites	01/10/2014	1500

6. Annexes

Annexe 1 : Article « City and Building Designers, and Climate Adaptation » publié dans la revue Buildings

Annexe 2: Article « Adaptation of cities to climate change : incorporating the knowledge and practices of designer in a design-aid tool » présenté lors de la conférence PLEA 2017

Annexe 3 : Supports des ateliers de consultation des concepteurs

Annexe 4 : Benchmarking des outils existants

Annexe 5 : Article « Réduction des consommations énergétiques et des émissions de GES liées à la mobilité urbaine – vers une approche intégrée entre la planification urbaine et la planification des transports » présenté lors de la conférence RIAD

Annexe 6 : Article « Reducing greenhouse gas emissions from urban mobility : Changing travel behaviours through an informed design process » présenté lors de la conférence PLEA 2016

Annexe 7 : Article « Urban development as a strategy to reduce environmental consequences from mobility and transport? Presenting insights from planning and design practices » présenté lors de la conférence PLEA 2017

Annexe 8 : Fiches levier d'action

Annexe 9 : Fiches projet

Annexe 10 : Impressions écran de l'outil

Annexe 11 : Supports de l'atelier de test de l'outil

7. Bibliographie

- Alzoubi, H. H., & Alshboul, A. A. (2010). Low energy architecture and solar rights: Restructuring urban regulations, view from Jordan. *Renewable Energy*, 35(2), 333-342. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2009.06.017>
- Arantes, L., Baverel, O., & Quenard, D. (2012). A morpho-energetic optimization tool for a low energy and density reasoned city area. In *Cities in Transformation, Research and Design*. Milan, Italie.
- Bourbia, F., & Awbi, H. . (2004). Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate. *Renewable Energy*, 29(2), 291-301. [http://doi.org/10.1016/S0960-1481\(03\)00171-X](http://doi.org/10.1016/S0960-1481(03)00171-X)
- Cervero, R. (2005). Accessible Cities and Regions: A Framework for Sustainable Transport and Urbanism in the 21st Century. *UC Berkeley Center for Future Urban Transport*
- Cross, N. (1982). Designerly ways of knowing. *Design Studies*, 3(4), 221-227. [http://doi.org/10.1016/0142-694X\(82\)90040-0](http://doi.org/10.1016/0142-694X(82)90040-0)
- Darke, J. (1979). The primary generator and the design process. *Design Studies*, 1(1), 36-44. [http://doi.org/10.1016/0142-694X\(79\)90027-9](http://doi.org/10.1016/0142-694X(79)90027-9)
- Ewing, R., & Cervero, R. (2001). Travel and the Built Environment: A Synthesis. *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, 1780, 87-114. <http://doi.org/10.3141/1780-10>
- Ewing, R., & Handy, S. (2009). Measuring the Unmeasurable: Urban Design Qualities Related to Walkability. *Journal of Urban Design*, 14(1), 65-84. <http://doi.org/10.1080/13574800802451155>
- Knowles, R. L., Berry, R. D., & Solar Energy Research Institute. (1980). *Solar Envelope Concepts: Moderate Density Building Applications*. Solar Energy Information Data Bank.
- Lawson, B. (1993). Parallel lines of thought. *LANG DES*, 1(4), 321-331.
- LAWSON, B. R. (1979). Cognitive Strategies in Architectural Design. *Ergonomics*, 22(1), 59-68. <http://doi.org/10.1080/00140137908924589>
- Maïzia, M. (2007). L'énergétique urbaine et la morphologie des villes. L'analyse du bâti parisien. In *Les Annales de la Recherche Urbaine* (p. 79-85). Consulté à l'adresse <http://hal.archives-ouvertes.fr/halshs-00177784/>
- Maïzia, M., Sèze, C., Berge, S., Teller, J., Reiter, S., & Ménard, R. (2009). Energy requirements of characteristic urban blocks. *Proc. of CISBAT 2009-Renewables in a changing climate-From Nano to urban scale*. Consulté à l'adresse <http://orbi.ulg.ac.be/handle/2268/31629>
- Montavon, M. (2010). Optimisation of Urban Form by the Evaluation of the Solar Potential.
- Naess, P. (2006). *Urban Structure Matters: Residential Location, Car Dependence and Travel Behaviour*. London ; New York: Routledge.
- Oke, T. R. (1988). Street design and urban canopy layer climate. *Energy and buildings*, 11(1), 103-113.
- Pigeon, G., Lemonsu, A., Masson, V., & Hidalgo, J. (2008). De l'observation du microclimat urbain à la modélisation intégrée de la ville (From the observation of urban microclimate to an integrated modeling of the city). *La Météorologie*, (62). <http://doi.org/10.4267/2042/19174>
- Rogers, R. (2000). *Des villes pour une petite planète*. Le Moniteur Editions.
- Stemmers, K. (2003). Energy and the city: density, buildings and transport. *Energy and buildings*, 35(1), 3-14.
- Strand, A., Næss, P., & Tennøy, A. (2007). *Mulighetsstudie nye byutviklingsretningerfor Kongsberg* (No. 936/2007). Oslo, Norway: Transportøkonomisk institutt. Consulté à l'adresse <https://www.toi.no/getfile.php/Publikasjoner/T%C3%98I%20rapporter/2007/936-2007/936-2007-elektronisk.pdf>
- Tennøy, A. (2012). How and why planners make plans which, if implemented, cause growth in traffic volumes. Explanations related to the expert knowledge, the planners, and the plan-making processes. Norwegian University of Life Sciences UMB, Department of Landscape Architecture and Spatial Planning. Consulté à l'adresse <https://www.toi.no/getfile.php/mmarkiv/Forside%202012/PhD%20Tennoy%20m%20forside-w.pdf>

L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale, l'agence met à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, ses capacités d'expertise et de conseil. Elle aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

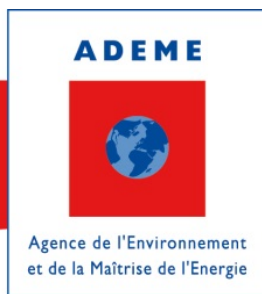
www.ademe.fr

ABOUT ADEME

The French Environment and Energy Management Agency (ADEME) is a public agency under the joint authority of the Ministry of Ecology, Sustainable Development and Energy, and the Ministry for Higher Education and Research. The agency is active in the implementation of public policy in the areas of the environment, energy and sustainable development.

ADEME provides expertise and advisory services to businesses, local authorities and communities, government bodies and the public at large, to enable them to establish and consolidate their environmental action. As part of this work the agency helps finance projects, from research to implementation, in the areas of waste management, soil conservation, energy efficiency and renewable energy, air quality and noise abatement.

www.ademe.fr



ADEME
20, avenue du Grésillé
BP 90406 | 49004 Angers Cedex 01

www.ademe.fr