



Directeur d'ét des : Nicolas Dubus, Architecte, Maître assistant ENSA Grenoble.

Enseignant de la hématique de master : Bruno Georges, Ingénieur, Enseignant contractuel ENSA Grenoble.

Enseignant d'une autre thématique de master : Philippe Liveneau, Architecte, Docteur en Architecture, Maître assistant ENSA Grenoble.

Enseignant d'une autre thématique de master : Barbara Martino, Architecte, Enseignante confacte elle ENSA Grenoble.

Enselanant d'une autre école : Olivier Balaÿ, Architecte, Docteur en Urbanisme et Aménagement, Professeur HDR ENSA Lyon.

Personnalité extérieure : Alain Vargas, Architecte, Agence Tectoniques Architectes.

Equipe pédagogique ensa Grenoble, ensa lyon

Equipe pédagogique ENSA Grenoble :

Master A&CC (Architecture et Cultures Constructives)

Enseignant porteur: Nicolas Dubus (Architecte, Ma. TPCAU)

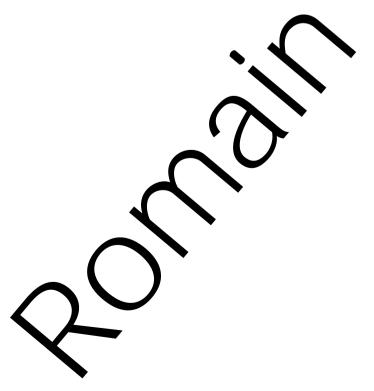
Anne-Monique Bardagot (Ethnologue, Ma. SHS), Anne Coste (Architecte, historienne, Prof. HCA, HDR), Bruno Georges (Ingénieur approche environnementale), Jean-Christophe Grosso (Architecte, mécanique des Structures, Ma. STA), Hubert Gullaud (Architecte, Ma STA, HDR), Karine Lapray (Ingénieur, éco-conception), Paul Emminuel Loiret (Architecte), Guillaum Pracelle (Architecte), Stéphane Sadoux (Urbaniste, Ma. SHS), Olivier Zanni (Ingénieur, energie).

Equipe pédagogique ENSA Lyon:

Master AA&CC (Architecture Ambiances et Cultures Constitucions)

Enseignants porteurs: Olivier Balaÿ (Architecte, Prof. IPCAU, HDR), Rémy Mouterde (Ingénieur, Ma STA Docteur en Mécanique des structures)

Amilea Dos Santos (Architecte), Guillaume Lafont (Programmation), Vincent Dubreuil (Economiste), Karine Lapray (Ingénieur, éco-conception), Samuel Tochon (Acoustiglen).



Remerciements

Mes remerciements s'adressent tout d'abord à l'ensemble de l'équipe pédagogique du Master « Architecture et Cultures Constructives ». Et tout particulièrement à Nicolas Dubus et Guillaume Pradelle qui m' ont suivi de près.

Merci à Jean-Christophe Grosso pour son suivi régulier, son enthousiasme et la pertinence de ses remarques qui m' ont permis de voir le projet sous d'autres angles.

Merci à Anne-Monique Bardagot pour son franc-parler et ses conseils sur le projet et la manière de le présenter.

Merci à Bruno Georges, Vincent Dubreui et Samuel Tochon pour tous leurs conseils.

Mes remerciements s'adressent égalsment à toute l'équipe pédagogique de l'étale de Lyon, et plus particulièrement à Clivie Balaÿ, Karine Lapray et Amilcas Dos Santos, pour l'écoute qu'ils m' ont accordée et les conseils qu'ils m' ont dispensés tout de long de cette année scolaire.

Enfin, merci à toutes les personnes qui ont participé de près ou de lain à l'aboutissement de ce projet de fin d'études : à mes proches, mes amis et mes camarades du Master Architecture et Cultures Constructives, qui m', ont apporté l'aide et le soutien dont j'avais besoin.

Merci a ma n'ère et à mon père.



Résumé

Français

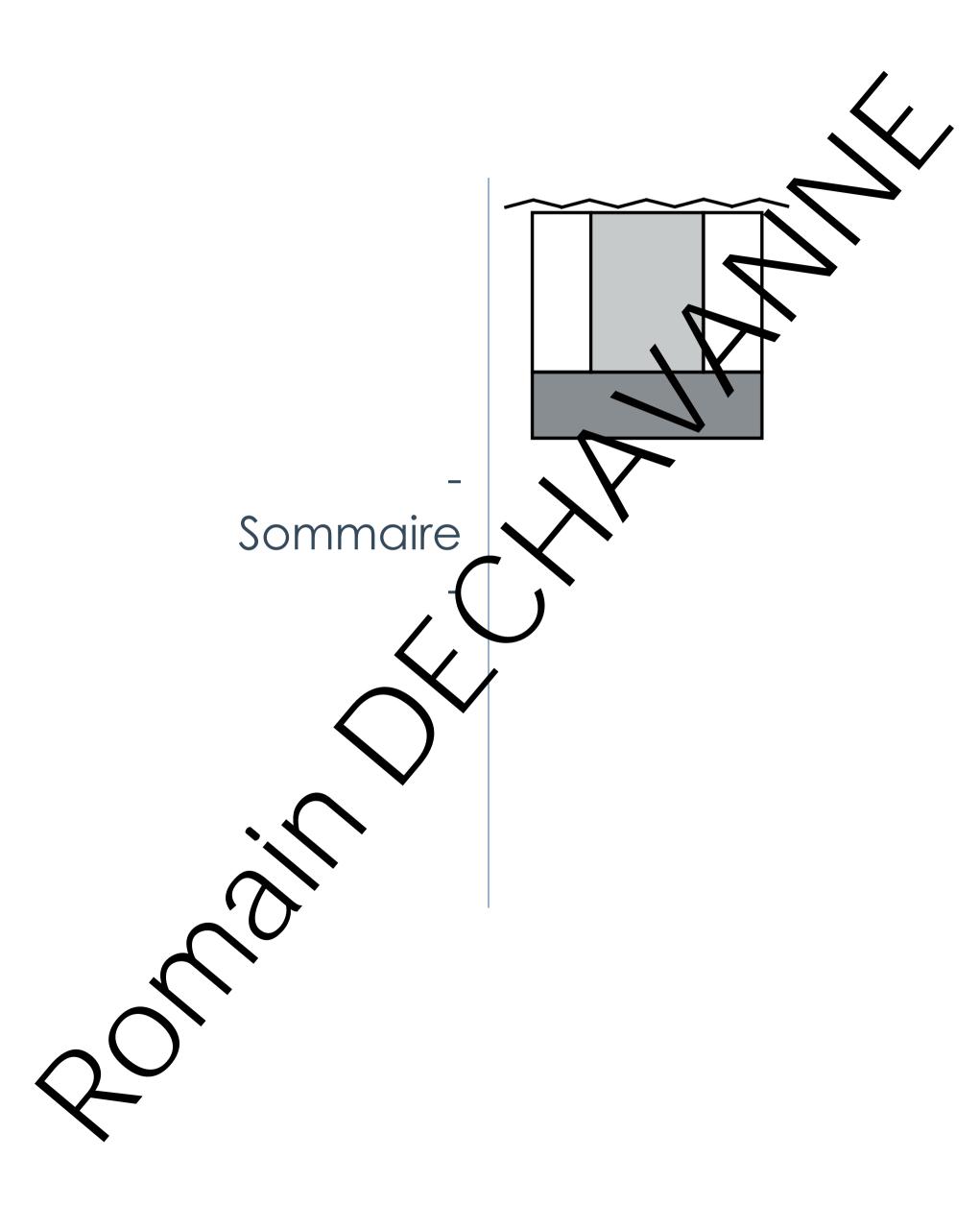
Le 21è siècle est un siècle marqué par des enjeux environnementaux toujours de plus en plus importants, le logement et la mobilité pèsent à eux seuls pour 53% de l'empreinte écologique des Français. Les enjeux du développement soutenable ne peuvent donc pas s'arrêter à la conception d'un bâtiment passif ou positif, mais doivent aller au-delà, afin de prendre en compte le mode de vie de leurs habitants et le rendre plus vertueux.

Ce projet a pour objectif d'allier dès la phase de conception, la question de la mobilité des ménages avec la réalisation de leurs logements. De plus, en influen! cant le mode de vie des habitants pour le rendre plus soutenable pour la plané a aussi un levier pour rendre leur logen et leur mobilité plus abordables pour Ce projet va promouvoir la obilité : tenable des habitants, par la romo des transports en commun, mais ausi des déplacements à vélo, à picco à trottinette, en roller, etc. Pour les déplacements plus importants, le toit du bâtiment fournit suffisamment d'énergie pour la mobilité électrique des habitants. Lini les habitants du projet sont invités à avoir leur propre voiture électrique ou a utiliser les voitures électriques en autopartage disponibles dans le parking silo exolutit.

Anglais

The 21st century is accentury marked by ever increasingly important environmental issues. Housing, and mability account for 53% of the French realogical footprint. The challenges of sustainable development cannot stop at the design of a passive or positive building, but must take into account the way of life of their inhabitants to make it near virtuous.

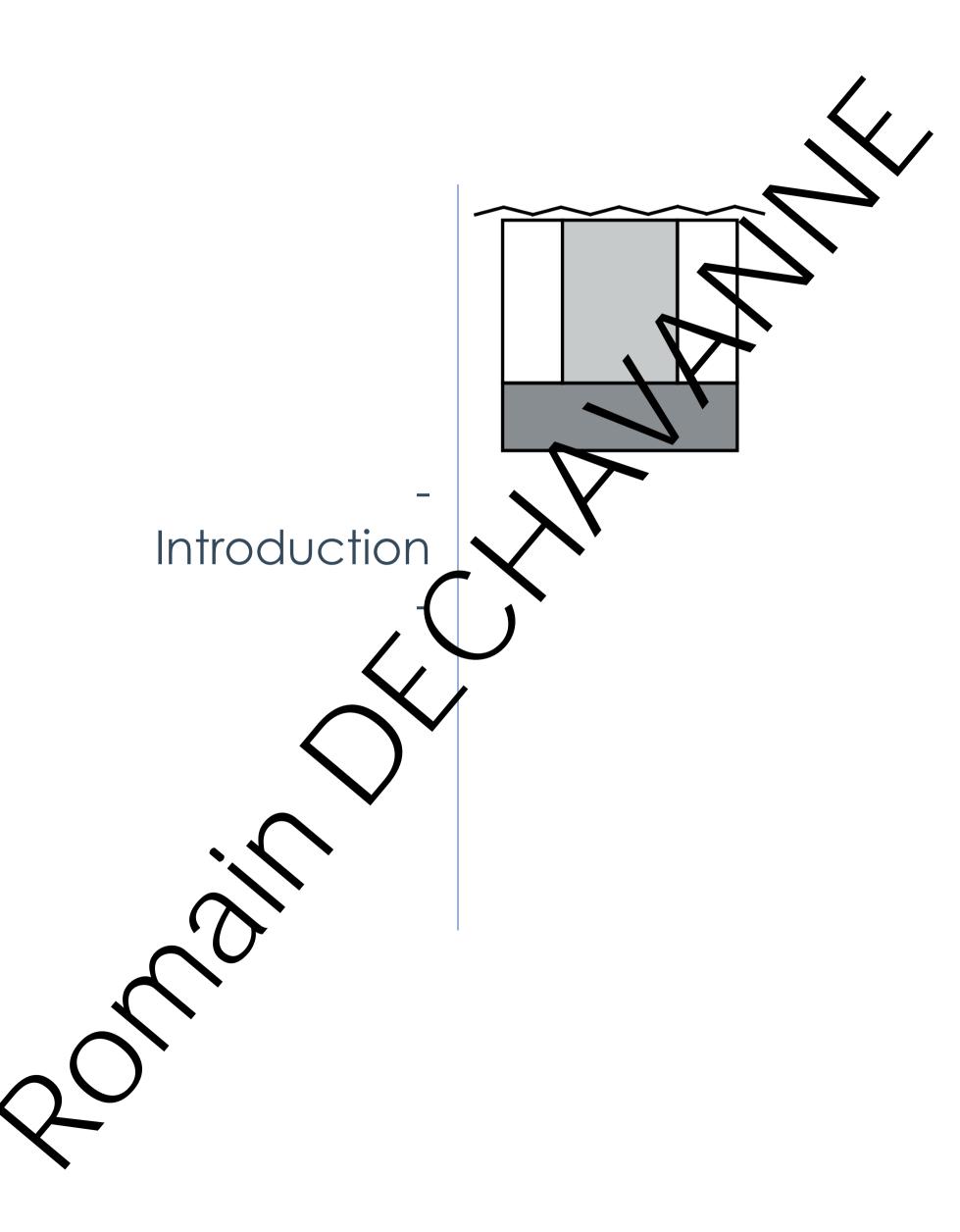
This project aims at combining the issue of mobility of households with the achievement of their dwellings and thus from the sign phase. By influencing the inhabitants if estyle and mobility to make it more sustainable, the project intends to deve-Lob more affordable housing. This project will promote sustainable mobility to inhabitants, by promoting public transport, but also travel by bike, on foot, running, rollerblading, etc. For longer travel, the roof provides enough power for the inhabitants' electric vehicles. Thus, the inhabitants of the project are invited to have their own electric car or use electric cars sharing available in the other building: an evolutionary parking.



Sommaire

nt	roduction	n .	9
1.	Grenoble	e, le site et ses enjeux	11
	1.01. Gre	enoble, une ville contrastée	12
	1.01.1. 1.01.2.	Une ville d'innovations L'importance d'une offre de logement attractive et diversifié en ville	12 12
		enoble, une ville polluée	14
	1.02.1.	Enjeux environnementaux et humains	14
		L' empreinte écologique L'architecture et l'empreinte écologique l'ançaise	1 <i>5</i>
		enoble, se déplacer	18
	1.03.1.		18
		En voitures En autopartage	19 20
		site proche du centre-ville pour répondre aux problématiques	
	la ville		22
			22
	1.04.2. 1.04.3.	Atouts du site du piniei Microcosme Le site du projet Microcosme et son histoire	23 25
	1.04.4.	Demandes de la SAGES et de Grenoble	25
	1.05. Un	projet s'inscrivant dans le scénario Negawatt	26
	1.05.1. 1.05.2.	Objectils du scénario Négawatt à atteindre Solutions à développer dans le projet	2 <i>6</i> 2 <i>6</i>
	1.03.2.		27
	1.06.1.	Mobilité et logement à énergie positive soutenable	27
	1.06.2	Rôle de mobilité	27
2.	Le projet	Microcosme	28
	2.07. D	s logements et mobilités à énergie positive	29
	2.01).	Proposition d'aménagement urbain facilitant la mobilité douce	29
	2.01.2. 2.01.3.	Le projet Microscome dans la ZAC Aménagement du site du projet Microcosme	31 32
	2.01.4.	Le fonctionnement du bâtiment de logements	34
	2.01.5.	Des logements spacieux .5.1. Plan type d'un logement	3 <i>6</i>
	2.01		

2.01.6. 2.0 2.0	1.5.2. Ambiances des logements Plan des différents logements 1.6.1. Logement T2 1.6.2. Logement T4 duplex 1.6.3. Logement T5 bis et T6 adaptables	38 41 41 42 43
2.02. Sys	stèmes constructif et énergétique	45
2.02.3. 2.02.4. 2.02. 2.02.5.	Structure Enveloppe Besoins énergétiques des logements Ciel photovoltaïque 2.4.1. Panneaux photovoltaïques 2.4.2. Production annuelle et économies pour les nénages Le coût du projet et son financement L'avenir du ciel photovoltaïque	45 46 49 50 50 52 54 56
	mobilité à énergie positive du quartier	58
2.03 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03 2.03	Une offre large de services à la mobilité 3.1.1. Parking silo de quartiel 3.1.2. Autopartage électrique 3.1.3. Aire de covoiturage 3.1.4. Mode de transports doux : vente et ateliers La construction des parkings 3.2.1. Structure a materialité 3.2.2. Ambiance Les scénarios dévolutions du bâtiment 3.3.1. Parkings de nouveaux véhicules électriques 3.3.2. Logements 3.3.3. Équipement public	58 58 58 59 59 60 61 62 63 64
Conclusion		66
ibliograph	nie	69
nnexes		71
Annexe 1	Econonmie	72
Amexe 2.	Simulation énergétique	83
Annexe 3.	Stratégie thermique	89
Annexe 4.	Facteur lumière du jour d'un T3	90
Annexe 5.	Autres plans de logements	91



Introduction

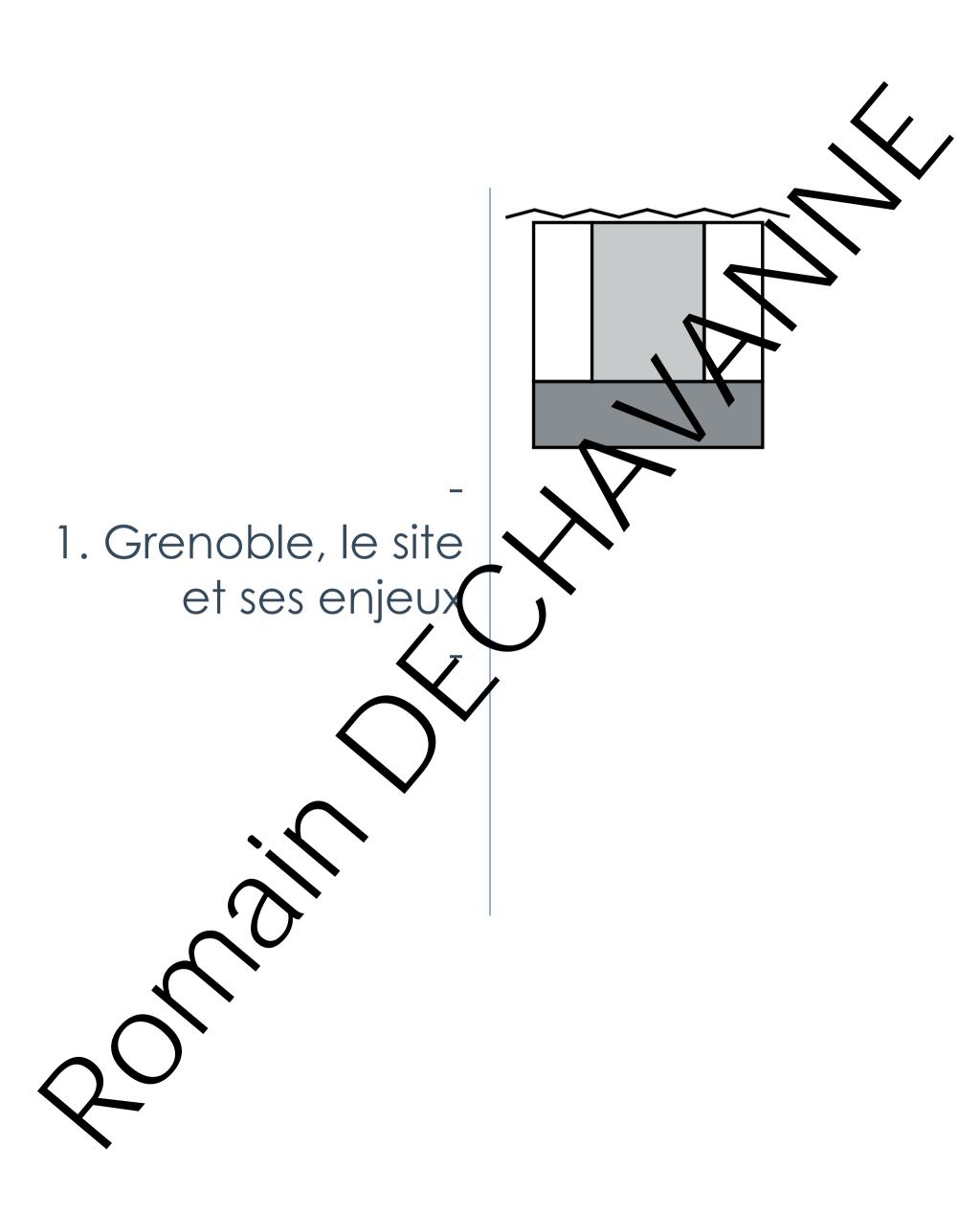
En ce début de 21è siècle, l'empreinte écologique française, comme celle de l'humanité ne fait que croitre. Il devient ainsi de plus en plus urgent de la réduire ou de devenir rapidement une espèce interplanétaire afin de pouvoir survivre. La dernière hypothèse ne rentrant pas dans le champ de ce master, ce mémoire se concentrera donc sur un projet plus terre à terre dans la ZAC Flaubert de Grenoble. L'objectif du projet sera de réduire l'empreinte écologique des habitants de la ZAC Flaubert en utilisant comme levier leur logement et leur mobilité, tout en leur redonnant du pouvoir d'achat.

Le site se situe au coeur de l'agglomération de Grenoble. Il est au sud du centre-villé et correspond à une sorte de dent creuse urbaine. En effet après le déplacement de la ligne de chemin de fer plus au sud d commune, la ville s'est développée s nouveaux territoires qui étaiext jusqu'à hors de son emprise, mais a laissé cet cien auartier industriel de périphérie en l'état. Divers projets donna Villeneuve, la ZAC Vigny Musset et K ZAC Veissiere se sont développées en ca rériphérie. Aujourd'hui, les anciennes entreprises de la 2e révolution industrielle telles Ésso, Novafer et BP ont quitté le cite, il devient donc nécessaire de reperser son aménagement en accord avec les besoins actuels et futurs de la ville et de l'environnement afin de créer un projet capable de participer à la 3e révolution industrielle. Ainsi, si la 2e révolution industrielle a été marquée har la convergence du téléphone avec l'utilisation du pétrole, la 3e révolution industrielle en cours de réalisation de ferogrâce à la convergence d'internel, nouveau moyen de communication, avec les énergies renouvelables, nouveau x moyens de production d'énèrgie. Le nouveau compteur connecté Linky d'EDF est un exemple de ce changement en cours.

Pour y parvenir, le projet Microcosme que nous avons élaboré repose sur le développement des modes de transports doux et de logements passifs dont les besoins d'énergie sont totalement couverts par une centrale solaire photovoltaïque.

Dans une première partie, nous parlerons de Grenoble, du site et de ses enjeux, puis dans une seconde partie, nous aborderons le projet Microcosme, ses logements et sa mobilité à énergie positive.

¹ e miniardaire Elon Musk, patron de Tesla, Space X et colarcity, y travaille via son entreprise Space X. Le premier objectif est d'établir une colonie sur mars (http://www.space.com/25934-elon-musk-mars-colony-spacex-rockets.html)



1.01. Grenoble, une ville contrastée

1.01.1. Une ville d'innovations

Grenoble a une longue tradition d'innovation aussi bien au niveau scientifique, qu'industriel ou social. Déjà en 1925 avec l'exposition internationale de la houille blanche (force hydraulique utilisée pour faire de l'électricité), Grenoble était à la pointe des nouvelles technologies et des futures énergies renouvelables.

Aujourd'hui, Grenoble est une ville à la pointe dans la recherche scientifique grâce à ses entreprises, ses écoles d'ingénieurs et ses instituts de recherche de renommée mondiale, notamment, dans les domaines de la micro et de la nano technologies avec son pôle de recherche sur la presqu'île scientifique. En 2013, Grenoble a été classé cinquième ville la plus innovante du monde par Forbes¹.

1 http://www.forbes.com/sites/ williampentland/2013/07/09/worlds-15-most-wentivecities/#3f5abe187e68



Exposition de la houille blanche de 1925 à Grenoble

source: https://insitu.revues.org/217

C'est aussi une ville à la pointe dons le domaine politique et du développement soutenable. Première commune de France avec un regire écologiste, Eric Piole, Grenoble est la promière ville à avoir réalisé des habitations rénevées HQE (caserne de Bonne). Elle est aussi la première grande ville de France à être passée en zone 30km/h depuis le 1er janvier 2016.

1.01.v. L'importance d'une offre de logement attractive et alversifié en ville

Grenoble étant une ville très attractive et dynamique, son immobilier bénéficie donc d'un engouement certain qui se traduit par une hausse des prix au m², à l'achat comme à la location. Le prix moyen des logements récents à la vente est de 3200 €/ m² TTC². Fn revanche selon Grenoble Habitat (bailleur social et promoteur), le prix de vente du logement social est de 2 700€/m² TTC. Quant au prix au m² d'un logement à la location à Grenoble, il est en moyenne de 13 €/m². Ce phénomène touche aussi l'ensemble de l'agglomération grenobloise qui fait partie des 28 agglomérations définies en zone tendue par le décret de la loi ALUR du 10 mai 2013. Cette loi vise à encadrer les loyers et à réduire les préavis des locataires de 3 mois à 1 mois. Ceci prouve donc que Grenoble est désormais reconnue pour avoir un marché de l'immobilier cher et compliqué pour les locataires aux revenus limités.

De plus, en étudiant les chiffres de l'INSEE,

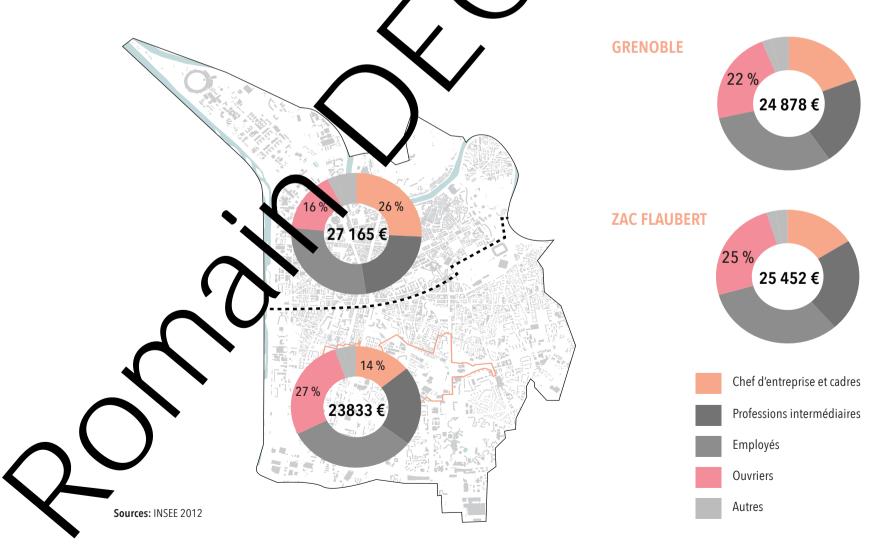
² L'Argus du logement 2016.

on constate depuis plusieurs années, une gentrification constante de Grenoble qui pousse les familles nombreuses à revenus moyens à quitter la ville pour devenir propriétaire. Ces familles sont aussi motivées par la recherche d'un cadre de vie plus agréable, moins pollué et avec des espaces verts. Ceci participe alors à la pollution globale de Grenoble, par l'augmentation de la circulation automobile induite par ces nombreux pendulaires travaillant à Grenoble et habitant en sa périphérie. Elle représente aussi un budget non négligeable pour ces ménages comme nous le verrons par la suite.

On constate des revenus annuels très hétéroclites au sein de la ville de Grenoble avec une dominance plus faible en partie Sud

de l'agglomération, 23 833 la majorité des logements soc aux, contre 27 165 € au nord de la ville où se situe le centre-ville, les universit s pôles de recherche scientifique. a ZAC Flaubert a un revenu moyer supériel 🖎 la moyenne de Grenoble, 25 43 ‡re 24 878 €. Quoi qu'il en soit, se on l'Il SEE, Grenoble se situe en dessous du revent moyen annuel français qui est de 220 € en 2012.

Afin d'âtre en accord avec les prix pratiqués dans le la gement social neuf sur Grenoble, le prix de vente des logements du proje ne doit pas dépasser 2 700€/m² TTC.



Les revenus dans Grenoble et la ZAC Flaubert, Atlas des sols

1.02. Grenoble, une ville polluée

1.02.1. Enjeux environnementaux et humains

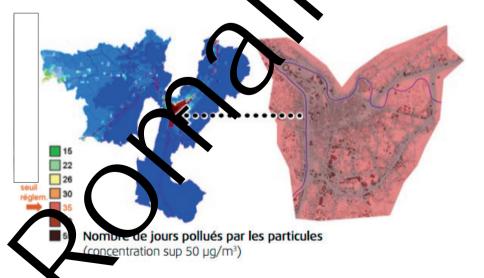
Le bassin grenoblois est l'une des 16 zones françaises qui dépassent les valeurs réglementaires européennes associées aux particules fines (PM10). À ce titre, la France fait l'objet d'une procédure d'infraction qui pourrait déboucher sur des amendes financières conséquentes si les plans d'action mis en place ne permettent pas de respecter rapidement ces valeurs. Par ailleurs, une procédure similaire pourrait être engagée très prochainement pour les dépassements récurrents du seuil réglementaire associé au dioxyde d'azote.

Les particules de diamètre inférieur à 10 microns (PM10) ou à 2,5 microns (PM2.5) ont une action irritante qui dépend de leur diamètre. Entre 5 et 10 microns, elles instent au niveau des voies aériennes supérieures (trachée, bronches). Les plus finns (< 5 microns) pénètrent les alvéoles pulmeraires. Les particules fines issues de diesel ont en outre été classées en 2012 dans la caté-

gorie des «cancérogènes • le centre international de recherche sur le cancer (CIRC). De plus l'Organisation mondiale de la santé estime we l'exposition aux particules fines entraîne la mort prématurée de 42,000 personnes par an en France. De récentes du des ont montré comme l'étude Apkekom de 2011: «une augmentation de 15% à 30% des asthmes chez les enlents résidant en proximité du trafic reutier; une augmentation des pathologies craniques respiratoires et cardicyasculaires; une perte d'espérance de vie a 5 à 7 mois pour les résidents de plus des grandes agglomérations açaises».

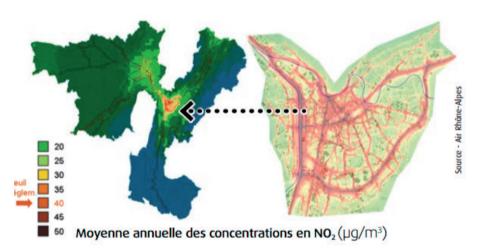
Les emissions de particules proviennent de 3 principaux secteurs d'activité: le chauffage résidentiel (33 %), l'industrie (35 %) et le transport (24 %). Ainsi le transport et le résidentiel sont responsables à eux seuls de la majorité de ces émissions (57 %).

Les émissions du chauffage, majoritairement situées sur les territoires périurbains, contribuent très largement à la pollution de fond et aux pointes de pollution au centre de l'agglomération, notamment



Pollution aux particules fines dans l'agglomération grenobloise

Source: Obectif Air Pur, région Rhône Alpes



Pollution aux Nox dans l'agglomération grenobloise

Source: Obectif Air Pur, région Rhône Alpes

en période hivernale. Il faut cependant noter que plus du tiers de la concentration de particules, les jours pollués, provient de l'extérieur du territoire de la région grenobloise. Cette pollution importée peut provenir des territoires voisins, voire beaucoup plus lointains (pays d'Europe du Nord...). L'on peut donc agir à échelle locale, mais cela ne sera jamais suffisant si sur le plan global rien n'est fait, comme l'atmosphère et tout ce qui la constitue (nuages, pollutions éventuelles...) ne connaissent pas de frontières.

En revanche, les émissions de NOx sont toujours très localisées et proviennent de la combustion des énergies fossiles. Ils son une source croissante de la pollution de l'air et contribuent à l'effet de serre et donc au dérèglement climatique. Au niveau de l'environnement, ils sont aussi la princip source des pluies acides et de l'acid tion des eaux douces. À l'éche le de la santé, c'est un gaz irritant, qui périètre q les plus fines ramifications des voies spiratoires. Il peut entraîner une attération de la fonction respiratoire une hyperéactivité bronchique chez l'astimatique et un accroissement de la sensibilité des bronches aux infections chexl'enimit. Dans le bassin émistions sont très majori-Grenoblois, ces tairement issues du secteur des transports (67 %), puis dans une moindre mesure de l'industrie (20%), et de façon plus marginale du chaufrage (9 %). Ainsi la mobilité gement représentent à eux seuls, es emissions de NOx.

Chex l'homme, la mobilité va de pair avec la liberté. Dans un monde toujours plus numérique, la mobilité physique est un gage d'épanouissement.

Ainsi, il n'est pas question de la réduire, mais plutôt de la faire évoluer vers des modes moins polluants, comme les modes doux.

1.02.2. L'empreinte écologique

Mathis Wack ernagel et William Rees ont la notion d'empreinte écoloen première fois au début des gique cour années 1990. L'empreinte écologique est un in licaleur synthétique qui «mesure les surfaces biologiquement productives de e et d'eau nécessaires pour produire les ressources qu'un individu, une populaton ou une activité consomme et pour absorber les déchets générés, compte tenu des technologies et de la gestion des ressources en vigueun»¹. L'empreinte écologique mesure ainsi les espaces utilisés pour la production de ressources ou de services issus de la biosphère qui sont nécessaires au fonctionnement de l'économie humaine (la demande).

L'hypothèse centrale est que la quantité de ressources renouvelables utilisées est directement liée à la quantité de surfaces bioproductives nécessaires pour régénérer les ressources et assimiler certains déchets produits par les activités humaines. Autrement dit, chaque type de consommation ou de rejet de CO2 peut être évalué sous la forme d'une surface bioproductive qu'il convient de mobiliser pour produire ce service. Cette surface est exprimée en hectares globaux (hag). Elle est calculée pour

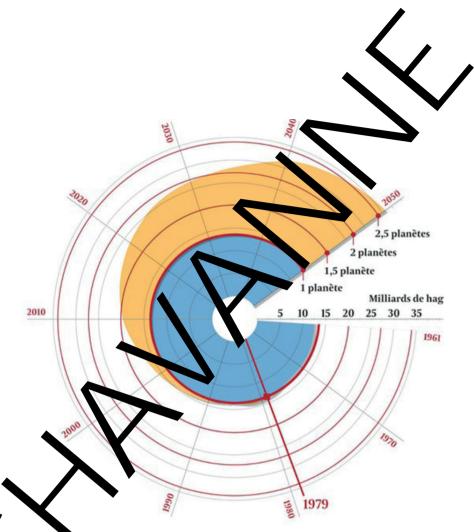
¹ http://www.footprintnetwork.org/fr/index.php/ GFN/

cinq types d'espaces: terres cultivées, pâturages, forêts (notamment la surface de forêt nécessaire pour séquestrer le CO2 émit par la combustion d'énergie fossile lors de la fabrication et du transport des produits consommés), zones de pêche (mer et eau douce) et terres artificialisées. Cette empreinte écologique est mise en regard de la biocapacité, c'est-à-dire de la quantité de services que la biosphère est capable de régénérer (l'offre).

L'empreinte écologique a l'avantage d'être synthétique, mais elle est critiquée, car simplificatrice et réductrice. En effet, son champ est essentiellement limité à la partie dégénérative et biologique de l'écosystème, c'est-à-dire à la biosphère Cet indicateur ne décrit pas, par exemple les pertes de biodiversité et de capacité d'une surface donnée à fournir d vices écologiques, les diverses émiss de polluants dans les milieux, mation de métaux, ou encère l'érolion des sols. Par ailleurs, comme le souligne Valérie Boisvert², l'empreinte n'est las en prise avec le territoire concret: «Il ne s'agit pas de mesurer quel est l'espace effectivement utilisé par des activités et des implantations humaines, mak d'exprimer leur demande théorique d'un espace standardisé qui aurait une productivité biologique égale à la movenne annuelle mondiale».

1.02.3 L'architecture et

BIDISVERT Valérie. « L'empreinte écologique : un incipateur de développement durable ». In MARÉCHAL Jean Paul et QUENAULT Béatrice (sous la dir. de). Le Développement durable : une perspective pour le XXIe siècle. Rennes : Presses universitaires de Rennes, 2005, p. 177. Cité par Piguet, 2007



Évolution de l'empreinte écologique mondiale

empreinte écologique mondiale a dépassé les capacités de régénération de la terre depuis 1970. Aujourd'hui, il faut 1,5 planète terre.

Source: http://le-cartographe.net/dossiers-carto-91/monde/176-lempreinte-ecologique

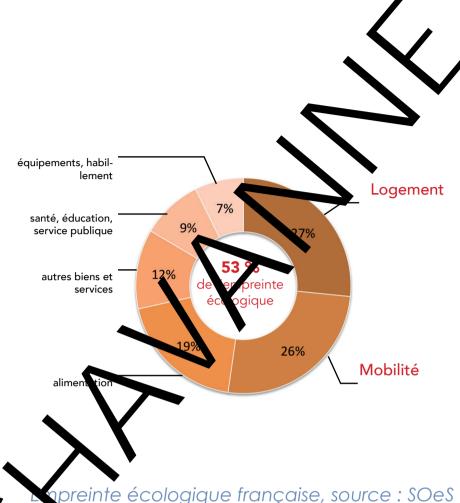
l'empreinte écologique française

Faute d'avoir des données sur l'empreinte écologique de Grenoble ou de sa région, nous nous appuierons sur la moyenne nationale. Actuellement, la France a une empreinte écologique presque 3 fois supérieure au seuil de durabilité mondiale (5,26 hag/hab contre 1,9 hag/hab). Ce niveau de consommation ne peut donc pas perdurer. En effet, pour y parvenir, nous nous approprions une part des ressources d'autres pays et détruisons notre environnement. En d'autres mots, nous nous approprions une part des ressources des

générations futures en vivant à leur crédit et en hypothéquant notre avenir. Cela ne ressemble-t-il pas à un piège en train de se refermer sur l'humanité?

Ainsi, on peut utiliser l'indicateur de l'empreinte écologique comme moyen de mesure pour diminuer les émissions de gaz à effet de serre et autres polluants nocifs pour la planète et la santé.

En regardant les chiffres de l'empreinte écologique des Français au niveau du logement et de la mobilité, on constate qu'ils comptent ensemble pour 53 % de l'empreinte écologique. De plus, ces deux secteurs sont ceux sur lesquels l'on peut agir localement à l'échelle d'un projet d'architecture en construisant un bâti ment de logement ayant un impact plus faible sur l'environnement (passif, wir Be pos, matériaux à faible énergie gris capable d'encourager la mobilifé à en facilitant par exemple le rangem et l'utilisation des vélos, roller, nattinettes et autres modes doux utilisés lors jets locaux. Pour les trajets pres longs, il faut participer à promouvoir covoiturage et les voitures peu consommetrices de carburant voir électriques si Lélectricité peut être produite sur place de manière renouvelable par le projet De plus, les voitures particulières passant plus de 95 % de leurs temps en stationnement³, pour limiter leur impact environnemental, l'autopartage semble être une solution à promouvoir. voitutes passeront moins de temps et pourront potentiellement s nombreuses.



2015

http://www.statistiques.developpementdurable.gouv.fr/lessentiel/ar/206/1087/
empreinte-carbone-demande-finale-interieurefrance.html

Les autres secteurs qui ont aussi un gros impact sur l'empreinte écologique de la France, comme l'alimentation (19 %) et les biens (12 %) ne peuvent être résolus qu'au niveau sociétal, en limitant par exemple l'importation des biens manufacturés lointains, au ou niveau individuel, en limitant la consommation de viande. Ce projet doit donc être vue comme une amorce pour sensibiliser les habitants du projet à leur empreinte écologique, déjà réduite grâce à leur logement et à leur mobilité douce, et les encourager à vouloir aller plus loin, en consommant de manière plus informée et responsable.

1.03. Grenoble, se déplacer...

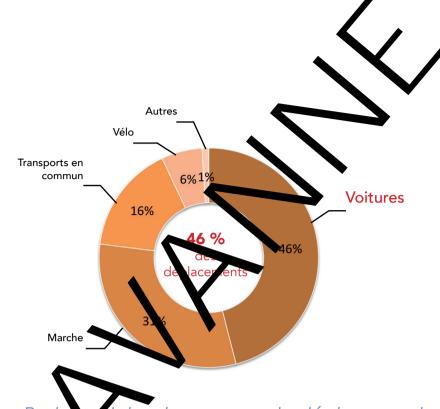
1.03.1. À vélo

Grenoble offre beaucoup d'avantages pour se déplacer à vélo. La ville a une forme relativement compacte et dense avec une superficie limitée de 18 km² pour 8837 hab/km² (soit 160 000 habitants). Grenoble est aussi la ville la plus plate de France, et possède de nombreuses pistes et bandes cyclables. C'est aussi une ville qui a connu sa propre entreprise de fabrication de vélo, la marque Libéria créée en 1918 sur l'île verte puis liquidée en 1996. De plus, depuis le 1er janvier 2016, le nouveau plan de déplacement urbain place l'ensemble de la ville en zone 30 (à l'exception de quelques axes principaux). Ceq a donc pour effet de pacifier les relations entre les différents usagers, vélos, pietons et voitures. Ceci a pour objectif de nuer la place de la voiture dans la En diminuant la vitesse des vénicules usagers des modes doux se settent plus à l'aise en ville, ce qui permet de c à leur essor.

À l'échelle de la métropole (42 communes dont Grenoble), l'initiative métrovélo propose 6000 vélos en locations pour des du-



Les métrovélos de Grenoble, Métrovélo, 2016



Parts la dales des moyens de déplacement cans l'agglomération grenobloise, Grenoble Alpes Métropole, 2015

rées variées, allant de la location courte durée (une journée) à des locations de plus longue durée (1 an) pour des prix attractifs.

Tous ces éléments additionnés devraient permettre à Grenoble d'être la ville du vélo, cependant ce n'est pas le cas.

En effet, bien que depuis 2009, la part des déplacements effectuer à vélo n'a fait que progresser, en passant de 4 % en 2009 à 6 % en 2015, Grenoble est toujours loin derrière Strasbourg (15 %). Elle est en revanche bien supérieure à la moyenne nationale qui n'est que de 3 %. De plus, comparées aux pays du nord de l'europe, notamment à Amsterdam où 40 % des déplacements sont effectués à vélo, et Copenhague où 50 % des déplacements sont effectués à vélo, les villes françaises ont dans l'ensemble encore une belle marge de progression.

À Grenoble, en 2015, la majorité des déplacements était toujours effectuée en voitures (46 %). De nombreuses associations font la promotion du vélo, par la vente, et la réparation de bicyclettes, comme le p'tit vélo dans la tête, la Citrouille, etc. Elles rencontrent un engouement de plus en plus important. Certaines sont même saturées, comme le p'tit vélo dans la tête.

Le peu de déplacements effectués en vélo à Grenoble par rapport à ses atouts peut s'expliquer par trois facteurs. Premièrement, la ville étant très compacte et dense en centre-ville, 31 % des déplacements sont effectués à pied. Deuxièmement, les transports en commun sont très développés et abordables (tarifs solidaires) et donc très utilisés par les Grenoblois e représentent 16 % de leurs déplacements Troisièmement, il est de notoriété publique qu'un vélo relativement attractif (d'est) dire, en état de marche et propre) dans Grenoble, reste en général pe temps sans être volé ou démenté. Ceti a donc un impact non négligeable sur l vie de posséder et d'utiliser un vélà noble. En effet selon des statiques¹, 22 % des personnes victimes ('un vol de vélo n'en rachètent pas. La securité du vélo une fois stationné est donc un point crucial pour son essor. C'est très probablement ce dernier point qui polisse les Grenoblois à massivement utilise es transports en commun ou à marcher en centre-ville pour de courtes distances.

Cependani le vélo a encore une belle marge de progression à prendre sur la voinotamment pour les pendulaires de qui ont besoin de se rendre d'un A à un point B rapidement et qui ne

souhaitent pas dépendre (transports en commun) et danc se déplacent souvent en voiture C'est principalement ces Gren devraient être convaincus de pass er à la petite reine.

La ville de Grenonle donc continuer d'accompagner la développement de l'usage du vélo à différentes échelles: par la sécurité des vélos grâce à des arceaux de stationnement et des boxes sécurisés, par la démocratistion de leurs accès grâce à son par de vélos en location, et en le rendent toujours plus attractif et agréable à utilise en continuant de développer un eau cyclable d'agglomération et de proximité de qualité (sans confrontation d'Isages ou d'usagers).

1.03.2. En voitures

Selon une étude de l'INRIX², une société d'infotrafic américaine, qui a étudié le trafic routier des principales agglomérations françaises, Grenoble est la 7e ville la plus embouteillée (2015). En effet, les Grenoblois passent, en moyenne, 31 heures dans les embouteillages chaque année. Cette moyenne est baisse de 11h comparée à 2012. Preuve que le vélo est en train de se développer à Grenoble ?

Cette circulation automobile a pour effet d'augmenter le besoin de place de stationnement dans Grenoble, notamment au nord de la ville, où les places sont rares et payantes. De plus, la plupart des parkings se situant dans l'espace public, les véhicules se font régulièrement accrocher

http://inrix.com/press/scorecard-report-france/

ou détériorer, voire brûler suivant les périodes et les lieux.

Par ailleurs, la voiture représente un coût annuel moyen important. En effet, selon l'automobile club de France pour posséder et utiliser une Renault Clio essence avec un kilométrage moyen de 13 000 km annuel, un ménage dépensera 5 840 € par an. Hors, le revenu moyen par ménage sur Grenoble est de 24 878 € (25 452 € pour la ZAC Flaubert), la voiture représente donc en théorie, près du quart du budget des ménages.

En tenant compte des enjeux environnementaux, humains et sociaux, on peut conclure qu'il y a définitivement des solutions plus attractives et innovantes à développer pour diminuer la circulation automobile en ville, réduire ses nuisances (place, pollution...) et redonner du pou oir d'achat aux ménages. Pour répondre à ses enjeux, l'autopartage électrique semble donc constituer une partie de la réporse. En effet, il permet de diminuer les coûts

Frais financiers

Entretien

575

94

2000

110

5 840 €/an

5 ménage
en 2014

Assurance

Frais financiers

Assurance

Le coût d'une Renault Clio essence pour 13 000 km/ans

de la mobilité pour les métages ou résoudre leur problème de stationnement et d'éviter les dégradations de leur réhicule. L'autre partie de la résonse est de continuer de développer l'usage des modes doux, comme les transports en commun, la marche et le véo.

1.03.3. En autopartage

L'autopartage permet donc aux ménages de faire des économies non négligeables en substituant une voiture à charge (5 840 €/an pour une Renault Clio) par un abonne nent (180€ et les trajets). Un réseau d'autopartage est déjà présent sur Grenable avec la société CitéLib. En revanche, toutes les voitures disponibles de gabarit standard sont des véhicules thermiques. Depuis 2014, grâce à un partenariat entre EDF, Toyota, la ville de Grenoble et Citélib, 70 mini-voitures électriques sont disponibles sur une trentaine de stations dans Grenoble. Dans chacune de ces stations de recharges comportant 4 à 6 bornes

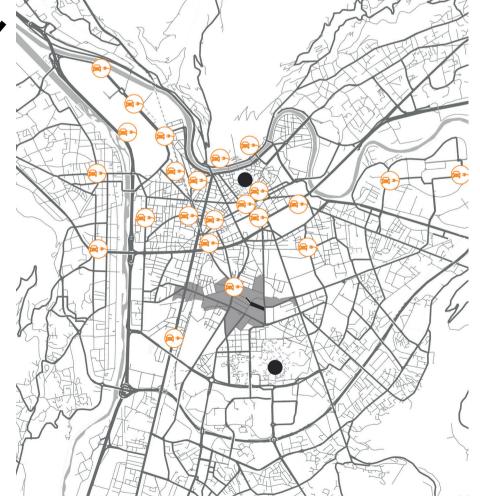


Autopartage place Victor Hugo, Grenoble

d'autopartage, une à deux bornes sont aussi disponibles pour tous les véhicules électriques particuliers. Cette initiative est très bonne, mais il y a cependant quelques soucis. Ces véhicules sont très petits, donc bien adaptés à la ville, mais pas forcément à un usage ponctuel, par exemple pour aller faire des courses volumineuses ou déménager, car leur capacité de chargement est très limitée. En effet l'un de ses modèles, la Toyota i-road peut transporter deux personnes, mais n'a pas de coffre tandis que la Toyota Coms a un coffre de 135 litres (soit le volume d'un caddie de supermarché), mais ne peut transporter qu'une personne. De plus, ces véhicules sont très spécifiques, et nécessitent, après inscription, une formation d' une heure pour pouvoir les utiliser en toute sécurité Leur autonomie est limitée à 50 km, sandis que leur vitesse est limitée à 60 km/h plus, ils ne peuvent être recharges a les bornes Citélib disponibles dans la de Grenoble. Pour aider à leur dévelop ment, il faudrait donc étendre leurs d'autopartage à l'ensemble de l'agglomération grenobloise (s.d. de Grenoble compris).

Actuellement, les mini vollères en autopartage manquent d'ulages possibles (par leur dimension, leur autonomie et la localisation de leur bonnes) et aussi d'usagers (seulement 750 inscrits), car elles entrent pratiquement en confrontation directe avec la apicité des transports en commun, des véros et de la marche. Pour prolonger cette inimative au-delà, il serait intéressant de développer un service d'autopartage de réhicules électriques de plus grande taille, plus facile à utiliser avec une meilleure autonomie, permettant de transpor-

ter 4 à 5 adultes et ayant ausi capacité de chargement, comme des Renault Zoe, Renault Kana no en ctrique, Bmw i3, ou Tesla Model 3 es seraient idéales pour des usages ponctuels pour des évènements particuliers, comme par exemple faire de comes, acheter des meubles, déménagy quelques cartons ou partir en weekend. On pourrait ainsi imaginer regroupes ce. véhicules dans un pôle proche du centre-ville plutôt que de les dissémiller cass toute la ville afin d'assurer en, leur sécurité et leur disponileux entre blilté



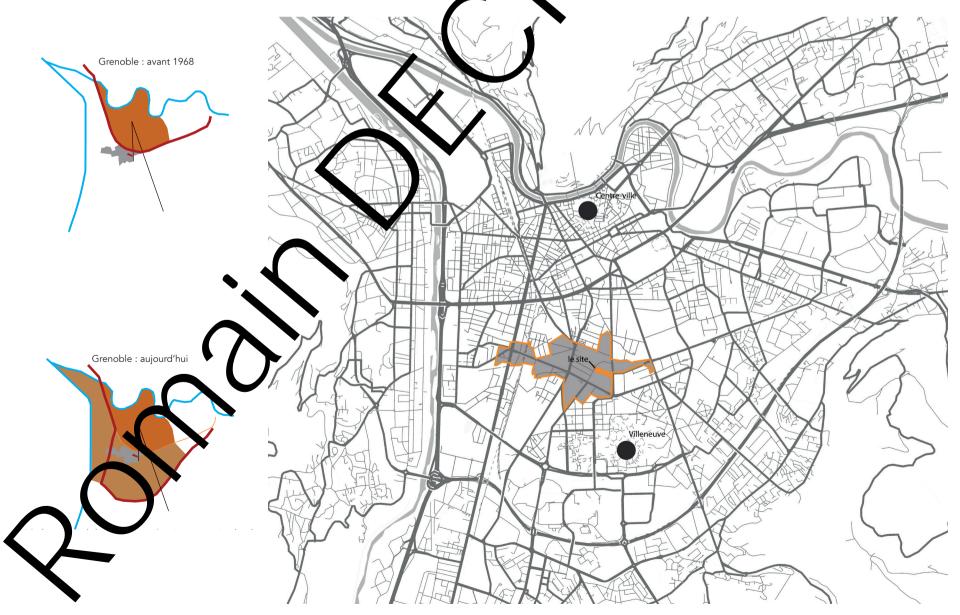
Les stations d'autopartage Citélib dans Grenoble en 2016

1.04. Un site proche du centre-ville pour répondre aux problématiques de la ville

1.04.1. Localisation dans Grenoble

Le site de la ZAC Flaubert est idéalement situé entre le centre-ville et la Villeneuve. Il est comme une dent creuse au centre de la ville. La ville a été construite et reconstruite autour, mais ce quartier n'a pas changé. C'est un quartier hétéroclite constitué de logements, mais aussi de bâtiments industriels et artisanaux. En effet, jusqu'en 1968, ce quartier était séparé du centre-ville par la ligne de chemin de fer Chambéry/Grenoble. À partir de ce moment-là, le quartier a commencé à se

développer progressivement sion des Jeux olympiques d'hiver de 1968, le quartier a vu la construction de la MC2, de la Villeneuve et de village alympique. À partir de 1987, la ligne A du tramway de Grenoble a été inaugarée. Elle a permis de mieux relie le costre-ville de Grenoble à ses quarties sud, notamment la Villeneuve, le village Olympique et la ZAC Flaubert. Ceci a contribué à leurs ouvertures et au développement de nouveaux de / C(Teisseire, Vigny-Musset...), réalisés tout autour de la ZAC 'est désormais au tour de la bért d'être réaménaaée.



Localisation de la ZAC et du site dans Grenoble

1.04.2. Atouts du site du projet Microcosme

Le site du projet se situe à l'est de la ZAC Flaubert. Il est très bien desservi par les transports en commun, notamment, par le tram A aux arrêts MC2 et Malherbe et par le bus C5 aux arrêts Flaubert clos d'or et Malherbe.

Suite aux nouvelles limitations de vitesse mise en place par la municipalité écologiste de la commune de Grenoble, depuis le 1 er janvier 2016, le site se situe à l'intersection de deux axes majeurs à 50 km/h. Il est donc le lieu idéal pour accueillir le parking silo demandé par la SAGES (Société publique locale d'aménagement de la ville de Grenoble).

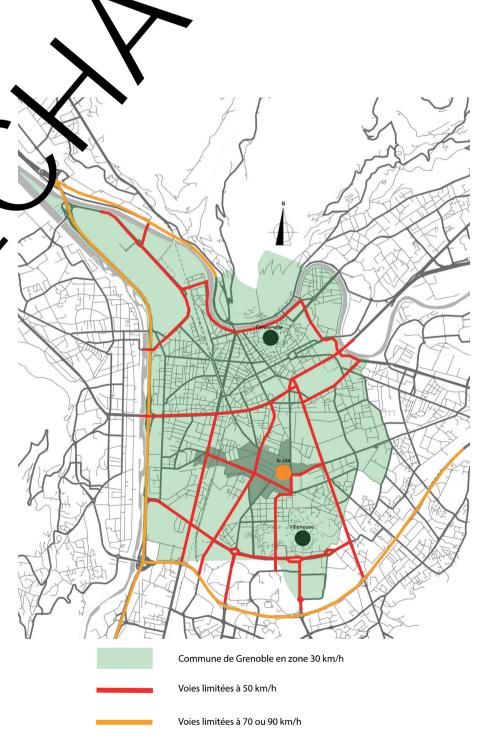
Il est aussi à l'intersection de deux pirtes cyclables majeures. Une piste cyclable est-ouest passant par le parc Flauxert et reliant l'ouest de la ville à l'est. La seconde piste cyclable, nord/sudl suivant la ligne de tram relie le centre ville à la Villeneuve. Cette dernière est yeuée à être déplacée



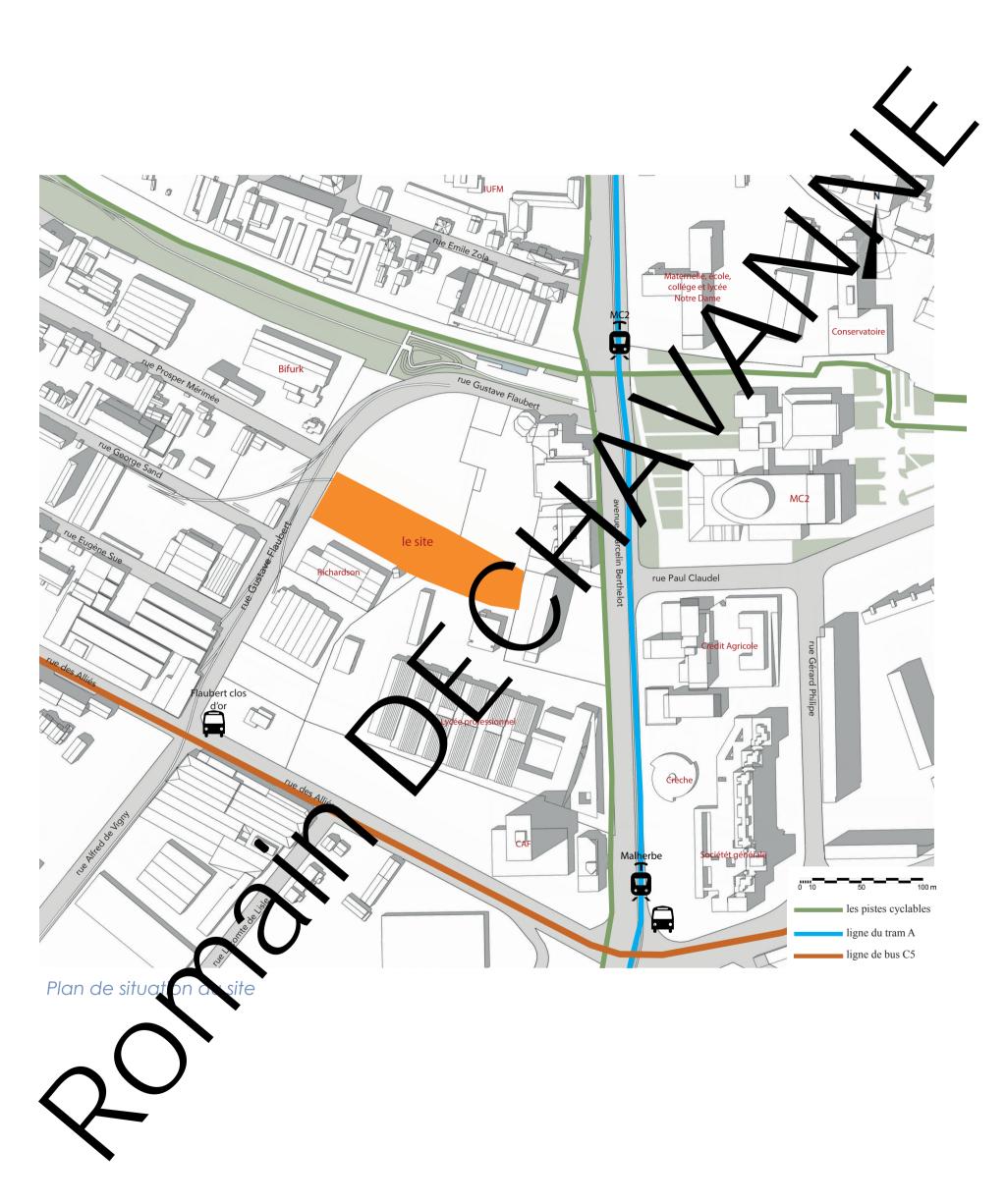
L'état actuel du site

selon la SAGES sur la rue Guitare Flanbert à l'ouest du site.

Le site est situé entre des pôles majeurs de la culture, la MC2 (salle de spectacle) et la Bifurk (salle de spectacle de rencontres associative, skate park...). De nombreux services majeurs se situent à proximité comme la CAF (Caisse d'Allocation Familiale), un lycés professionnel, et un collège.



Les nouvelles limitations de vitesse à Grenoble



1.04.3. Le site du projet Microcosme et son histoire

Ce site de 0,7 hectare est actuellement vide de tout bâtiment et est en cours d'évaluation de son niveau de pollution du fait de son passé industriel. En effet dans l'étude d'impact, il est présenté comme une parcelle à risque de pollution fort.

Historiquement, on trouvait sur le site des entreprises de la 2e révolution industrielle, tels des pétroliers comme Shell, Esso, BP mais aussi Novafer qui réalisait de la maintenance ferroviaire. Le site était donc déjà au 20e siècle très en lien avec les domaines du transport et de l'énergie.

Malheureusement, dans le cadre du orojet de ZAC, tous les bâtiments précédeminent existants sur le site ont été démais. Inn'y a donc plus d'élément existant auxquels relier le projet sur la parcelle. Les bâtiments détruits étaient des bâtiments industriels en structure acier comme on en trouve encore dans le quartier par exemple le bâtiment de l'entreprise Nichardson situé au sud de la parcelle.



Richardson

1.04.4. Demande de la SAGES et de Grenoble

Dans le fascicule Eco cité eaité par la SAGES, on apprend les différentes intentions et objectifs de la ville vis-à-vis de la ZAC et du site. Ell souhaite obtenir sur l'ensemble de la ZA C, une densité d'au moins 100 less/ha La SAGES souhaite aussi développer une sémarche innovante sur l'énerge, la sonté et l'environnement en y intégran les enjeux de la transition énergétique et et y ajoutant des notions d'usage et de bien-être en ville. Le projet devra ainsi ter différents sujets, dont le phénomène de Nôt de chaleur en été, l'utilisation de matériaux biosourcés pour la construction, et/l'amélioration de la qualité de l'air intérieur des bâtiments.

Il est ainsi demandé de travailler sur un silo de mobilité évolutif, capable d'accueillir différentes fonctions au cours de sa vie (parkings puis équipement public). Il devra être situé à proximité d'un arrêt de tram. La compagnie de chauffage de Grenoble dispose déjà d'un réseau de chaleur haute température dans la ville et souhaite développer un réseau basse température sur le site de la ZAC. En effet, ce type de réseau est plus adapté à la production de chaleur décentralisée que permet les énergies renouvelables, par exemple les panneaux solaires thermiques, et ainsi créer un réseau d'échange intelligent entre le réseau et les différents bâtiments de la ZAC, autant en consommation, qu'en production. Ceci reprend le principe du réseau basse température qui a déjà été développé sur la Presqu'île.

1.05. Un projet s'inscrivant dans le scénario Negawatt

1.05.1. Objectifs du scénario Négawatt à atteindre

Le scénario négaWatt est un exercice prospectif qui décrit précisément la trajectoire possible pour réduire d'un facteur 4 nos émissions de gaz à effet de serre (GES) et se défaire de notre dépendance aux énergies fossiles et fissiles à l'horizon 2050. Pour ce faire, la démarche du scénario Negawatt repose sur trois étapes conjuguées.

La première est la sobriété qui consiste à interroger nos besoins puis agir à travers les comportements individuels et l'organisation collective sur nos différents usages de l'énergie, pour privilégier les plus utiles restreindre les plus extravagants et supprimer les plus nuisibles.

La seconde est l'efficacité qui consiste es sentiellement à faire des choix techniques plus performants permettant de limite les quantités d'énergie nécessaire pour satisfaire un besoin donné.

La dernière est le reçours aux énergies renouvelables.

Les objectifs du scénario Negawatt de 2010 à 2050 sont de aminuer de 65 % la demande en énergie primaire, de diviser par 16 les émissions CO2, et d'atteindre 90 % de production d'energie renouvelable en 2050. Pour passenir, le scénario propose de développer l'éolien, la biomasse, le biogaz, la géothermie, le photovoltaïque et le solaire tout en limitant l'usage des énergies fossiles à certains secteurs tels l'industrie et l'aviation.

Actuellement, selon Negawatt, le trans-

port (tout moyen confond), dépend à 90 % du pétrole, tandis que les logements consomment à eux seuls 60 % de l'énergie électrique.

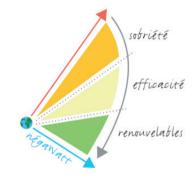
1.05.2. Soldiens à développer dans le projet

Le scénario Negawatt propose plusieurs solutions à développer pour les différents secteur de économie.

Pour le logrement, le développement du standard passif permet de limiter les besoins des bâtiments en énergies. De plus, pour couvrir leurs besoins, ces bâtiments de divent dans la limite du possible produire leurs propres énergies renouvelables sur site.

Sur le thème de la mobilité, il est recommandé de limiter l'étalement urbain afin de faciliter les déplacements et limiter la disparition des terres agricoles.

Dans la démarche de sobriété, il faut aussi développer les modes de transports doux, comme le vélo, la marche, et aussi les transports en commun. Le covoiturage et les véhicules électriques en autopartage sont aussi préconisés.



Le scénario Negawatt : vers la transition énergétique

source : Negawatt

1.06. La philosophie du Microcosme et son programme

Suite à toutes ces recherches et à tous ces constats, l'objectif du projet Microcosme est donc de développer un projet répondant à la fois aux objectifs de logement soutenable et de mobilité soutenable afin de participer à son échelle à améliorer la vie des habitants de Grenoble, et plus particulièrement de la ZAC Flaubert (diminution de la pollution, aide au développement des modes doux, véhicules électriques...).

1.06.1. Mobilité et logement à énergie positive soutenable

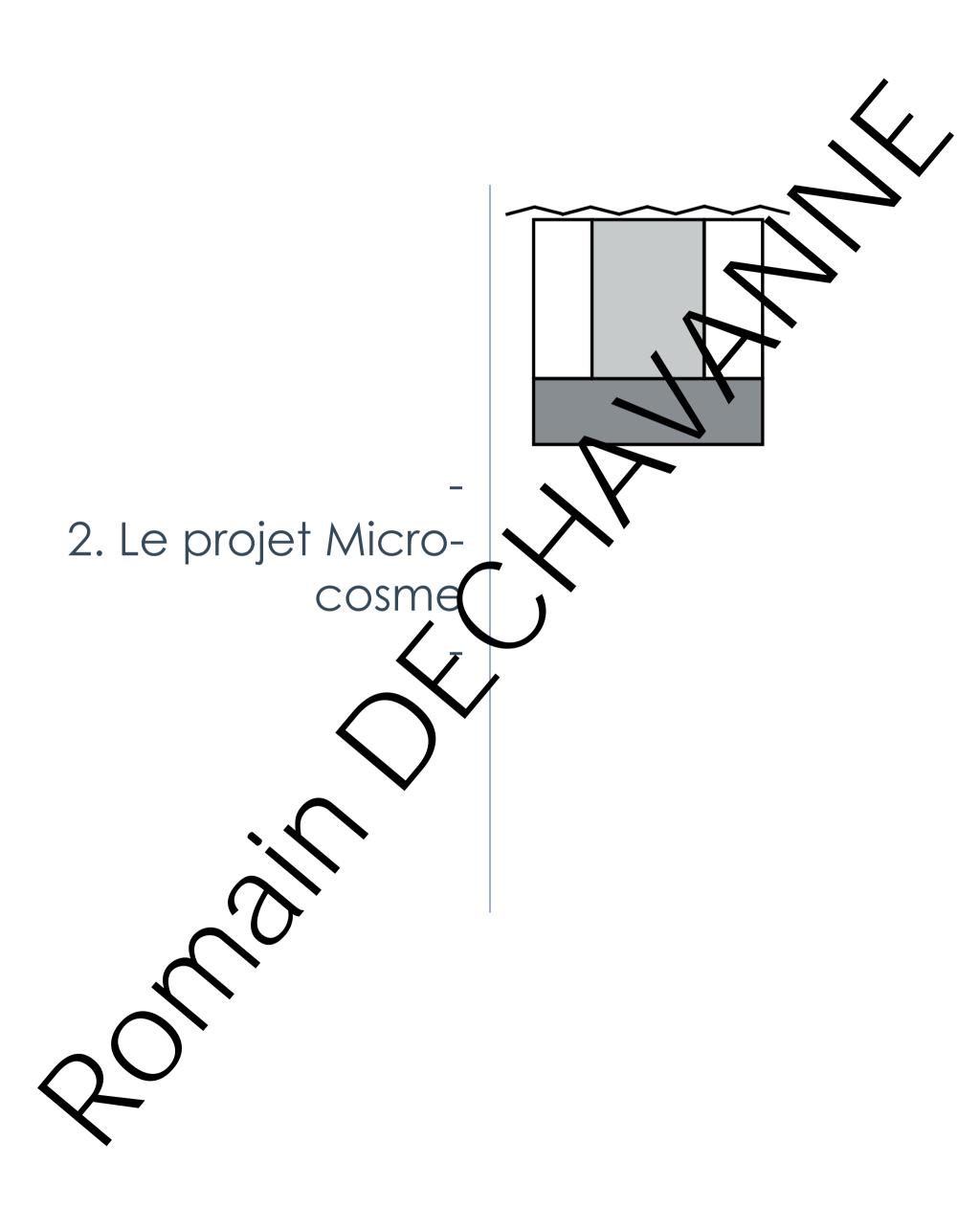
L'essence du projet Microcosme estade penser la mobilité avec les logements. Le premier bâtiment est constitué de 24 ments passifs transformables eg ments. Il comporte des typologies en plex et duplex allant du T1 au Ta À l'orig ne, il y a 8 T2, 8 T3, 4 T4, 3 T5 bis et 1T6. logement est desservi par des coursives larges permettant un accès cisé en vélo, roller, trottinettes, etc. De plus, la moitié des logements comportent un garage électrique privatif pox garer les voitures électriques individue es. La toiture photovoltaïque du transent qui à un vrai rôle assuler (ce n'est pas une d'étanchéité sur-toiture) ssure une production électrique sufficients pour les divers usages (hors ECS et chaufage) de ces 24 logements, bilites électriques, et aussi l'aliation en électricité des commerces ez-de-chaussée et du plateau libre de

1.06.2. Pôle de mobilité

Le silo de mobilité évolutir permet d'accueillir 135 voitures en provenance de l'ilôt et de la ZAC Flaubert. Ce parking recouvert par une toiture photovoltaïque comportera en rezide-chaussée un pôle de voiture électrique de tailles conventionnelles en autoportage, pour l'ensemble des habitants du quartier et de la ville.

Le prenier bailment comportera en rezde-chausée une agence de mobilité regroupant des services de la TAG et de rautopartage électrique afin de pouvoir se renseigner et s'inscrire facilement à ce service.

Ur autre local comportera un atelier participatif de réparation de vélos, afin de permettre à tout à chacun de venir apprendre à réparer son propre vélo. Il sera jumelé à un espace de vente de vélos. Cet espace ne se limitera pas qu'aux vélos, et aura pour rôle de promouvoir et d'aider au développement de la mobilité douce sous toutes ses formes (trottinettes, rollers, marche...) au sein de la ville et de la ZAC Flaubert. Comme Juvénal, un poète romain du premier siècle av. J.-C., avait dit «un esprit sain dans un corps sain», pourquoi ne pas l'étendre à «des hommes sains sur une terre saine»?



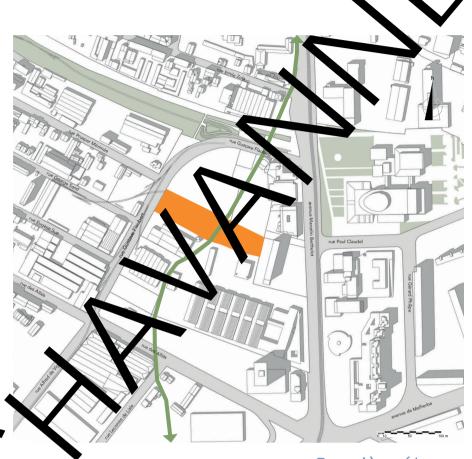
2.01. Des logements et mobilités à énergie positive

2.01.1. Proposition d'aménagement urbain facilitant la mobilité douce

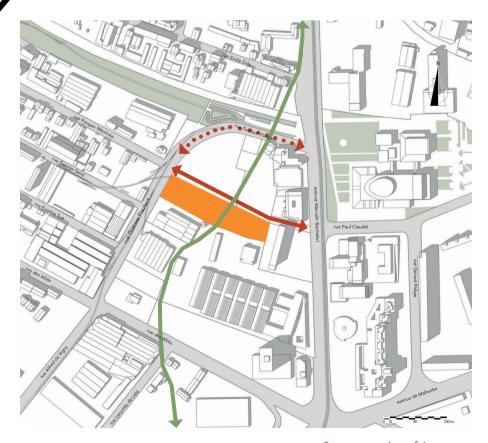
Actuellement, l'ilôt du projet est très grand (10ha) et sans aucune porosité. Il est impossible de traverser l'ilot de part en part. Les lots fonciers ont des fonctions distinctes sans voie de communication directe entre eux. L'îlot du projet est le plus grand en superficie et le plus compact (pratiquement carré) de la ZAC. De plus, certains des lots fonciers présents sur l'ilot seront amenés à moyen terme ou à long terme à changer de fonctions, comme Richardson, et les autres entreprises artisanales situées plu au sud, qui passeront de services à logements.

Afin de faciliter ce futur changem d'usage, le projet propose de rec l'ilot avec une nouvelle voie. Cette nouv voie douce (piétons, vélos...) de relier l'ilot par l'intérieur aux noveaux services et logements qui serent construits au nord de l'ilot. De plus, cette voie mènera directement au para Flacbert, à l'arrêt de tram et aux pistes cyclables. En effet, à terme, ce parc se a mené à prendre plus d'ampleur pour afticiper à la bonne des habitants au sein de la qualité de via ZAC en offrant despace extérieur multifonctions (ieux pour enfants, bancs, points de vue...).

De pus, intersection de la rue Gustave Flagoen avec l'avenue Marcelin Berthelot (exenue du tram A) est une intersection qui présente actuellement un nombre



Première étape Création d'une voie douce



Seconde étape Fermeture de la rue Gustave Flaubert et ouverture d'une nouvelle rue pour relier la rue Prospère Mérimée (à l'ouest), à la rue Paul Claudel (à l'est)

important d'accidents. En effet, en ce lieu convergent les véhicules; les pistes cyclables nord/sud et est/ouest; et aussi l'arrêt de tram MC2 avec toute la circulation piétonne qu'il engendre. Il y a donc 4 modes de déplacements qui convergent en un point. Quant au parc Flaubert situé à cette intersection, il manque de visibilité depuis l'arrêt de tram et le parvis de la MC2, car il est rétréci à ce croisement par la rue Gustave Flaubert. À cause de ce manque de visibilité, il est pratiquement uniquement fréquenté par les cyclistes.

Afin d'agrandir le parc Flaubert et de diminuer le risque d'accident à cette intersection, la rue Gustave Flaubert sera fermée, et son emprise sera rendue au parc. Une nouvelle rue sera créée au centre de l'ilo afin de relier la rue Prospère Mérinée J l'ouest), à la rue Paul Claudel (à l'est) Cette rue arborée sera à double sen des places de stationnements des trot et des bandes cyclables. De plus par port aux nouvelles limitations de vites e de Grenoble, ce redécoupagement de relier plus efficacement la AC Foubert aux rues adjacentes limitées à 50 km/h (la rue de Lavenue Marce-Paul Claudel et le su lin Berthelot).

À la fin de ce processus, l'ilot se retrouve découpé en 4 lots plus petits qui seront plus facilement réaménageables.



Un ilot redécoupé en 4 ilots

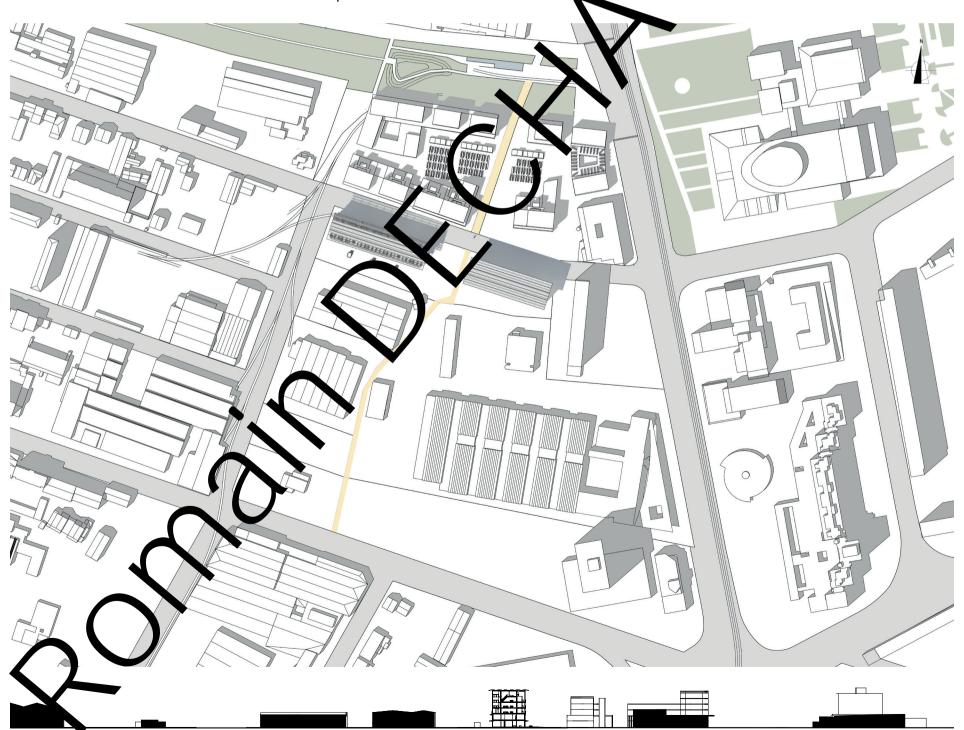
2.01.2. Le projet Microscome dans la ZAC

Suite au découpage précédemment réalisé, le site de projet se compose dorénavant de deux parcelles séparées par une liaison douce.

On dispose en partie ouest un bâtiment comprenant 24 logements adaptables en 28, avec des commerces, un plateau de bureaux et un garage pour les véhicules électriques des habitants du plojet.

Le parking silo évolutif est situé à l'est afin d'être au plus près du carrefour principal constitué par la raie nouvellement créée avec la rue Paul Claucel.

Une place donnant sur la liaison douce est constituée entre des deux bâtiments.



Plan masse et coupe du projet

2.01.3. Aménagement du site du projet Microcosme

Sur la nouvelle voie créée, 4 places de stationnement pour véhicules particuliers électriques sont disponibles (rechargement via l'électricité produite par le projet), en plus des stationnements conventionnels. Entre ces stationnements, des arbres sont plantés afin de permettre de conserver un climat agréable et protégé du soleil pour les piétons, les cyclistes et les voitures stationnées, etc. Sur le trottoir, en marchant proche des vitrines du projet, les piétons bénéficient d'un espace de marche protégé des intempéries sous les stores pliants des vitrines avec un revête

ment de sol en béton. Le reste du testoir est aménagé avec une bande cyclable en béton, et des espaces de marche sur du gravier stabilisé.

Les voies douces créèts précédemment permettent d'avair un acrès rapide aux locaux de vente et de reparation de mode doux (vélos et autres), aux aires de covoiturage, à l'autopartage, à l'agence de mobilité d'autopartage et Tag (Transports de l'agglamération grenobloise) et aux parkings depuis l'ilot et le reste de Grenoble. L'entrée de parking silo du projet est situé à l'est de la parcelle afin d'être au plus près du carrefour principal et de ne pas générel de nuisances pour les logements.

L'acès piéton au parking se fait directement par la place.



Plan de rez-de-chaussée

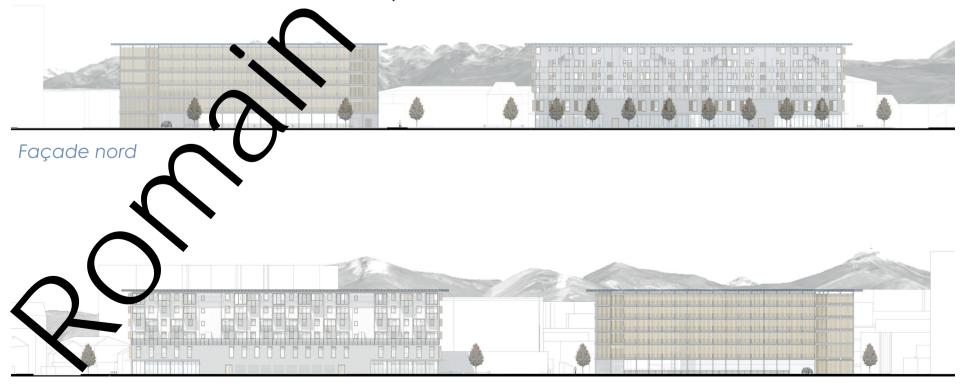
Un jardin copartagé est disponible au sud du bâtiment de logements pour les habitants du projet. Il leur permettra de se rencontrer et de produire une partie de leur alimentation. Si la pollution du site se révèle réellement importante et risque de compromettre la nappe phréatique, les terres de l'ensemble du site seront traitées par décapage et incinération. En revanche, si la pollution est moins importante et ne nécessite donc pas une dépollution du site pour pouvoir construire, alors seules les terres du potager seront traitées par phytoremédiation. Des plantes spécialement sélectionnées selon la pollution permettront d'extraire la pollution présente dans le sol avant d'être elles-mêmes incinérées Ce procédé est 50 à 100 fois moins che qu'un traitement classique par incinération des terres et dure de 2 à 5 ans.

Comme on pouvait déjà le voir en plan

les deux bâtiments sont très comblables. Ils sont construits avec les mêmes proportions, des principes constructifs semblables et les mêmes matéria.

Le bâtiment de legement a une façade métallique blanche vertisale en accord avec celle de sontvoisin le plus proche, Richardson. En dont ant à ce bâtiment un côté inactrier on vient répondre aux bâtiments industriels qui étaient présents sur le site. La façade sud est animée par ses balcars et ses ouvertures, tandis que la façade nord est plus urbaine avec la présence de la coursive.

Le botiment de parking a des façades en bordage bois ajourés. Son rez-de-chaussée est ouvert pour rendre le service d'autopartage plus visible.



Façade sud

2.01.4. Le fonctionnement du bâtiment de logements

Le projet a été pensé afin que les habitants puissent directement arriver à la porte de leur logement en vélo, ainsi, le hall d'entrée, l'ascenseur, l'escalier et les coursives ont été construits pour le permettre. Cette caractéristique du projet s'inspire de l'immeuble à vélos de l'agence Hérault et Arnod qui a été réalisé dans la ZAC Vigny-Musset à Grenoble en 2008. Il se situe à 5 minutes à pieds du site du projet.

Le projet Microcosme comprend 24 logements évolutifs en 28. 8 garages pour voitures électriques sont disponibles pour les habitants du projet. La production an nuelle d'électricité à travers la surtoi ure photovoltaïque du bâtime il permettant de les recharger. 5 autres galages privatifs pour véhicules sont dispenibles dans le second bâtiment. Or sépond sinsi au PLU de Grenoble qui exige 0,5 place de sta-



Immeuble à vélos, Hérault et Arnod, 2008

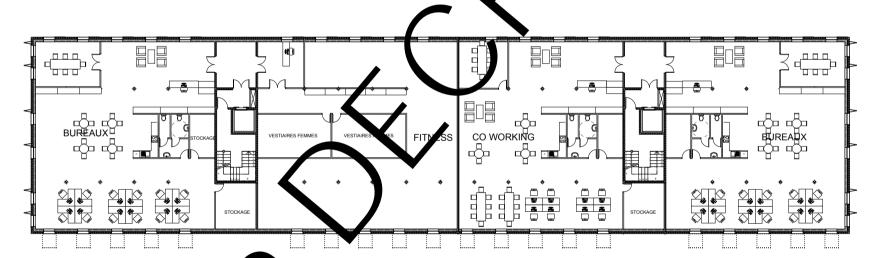


Vue sur la nouvelle rue

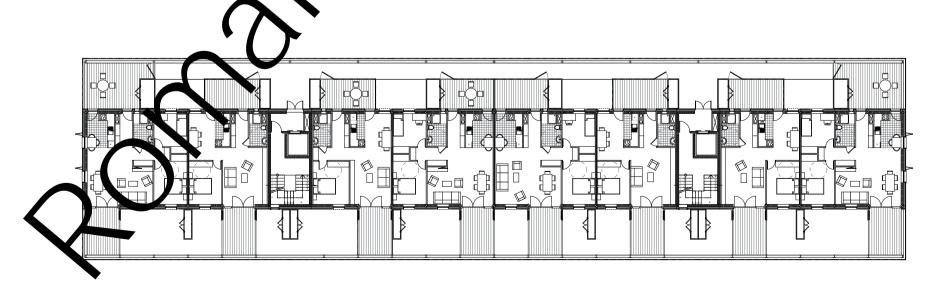
tionnement par logements.

Les logements sont situés au-dessus d'un socle en béton de deux niveaux. Grâce à sa structure en poteau-dalle, le premier étage peut librement être aménagé. Dans le plan ci-dessous, on peut voir une proposition d'aménagements en 4 espaces différents, 3 bureaux et 1 fitness.

Le projet comporte deux circulations verticales équipées d'un escalier et d'un ascenseur. Chacune de ces ciculations a sa propre entrée sur la rue et dessert 4 logements par étages. Pour simplifier in vie des habitants, la coursive court touble long de chaque niveau. Ainsi, les voisins peuvent facilement aller l'un chez l'autre pour se rencontrer.



1er étage : étage librement a ménageable



2e étage: logements

2.01.5. Des logements spacieux2.01.5.1. Plan type d'un logement

Dans cette partie seront présentés les points communs à tous les logements du projet.

Pour ce faire, nous nous appuierons de la typologie T3 située au 2e étage.

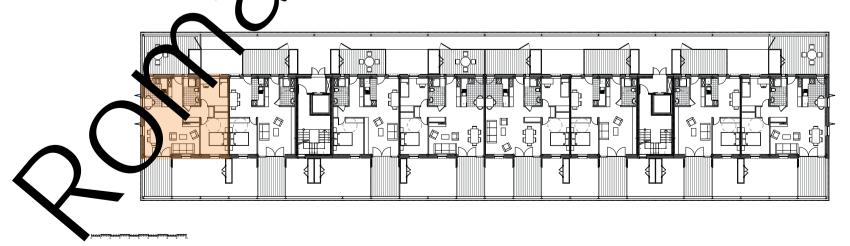
Avoir disposé les logements sur un socle de services de deux niveaux permet de leur offrir plus de lumière, une meilleure vue sur les massifs environnants (Vercors, Belledonne et Chartreuse) et de les détacher d'un sol potentiellement pollué.

Chaque logement possède une grande terrasse d'entrée au nord avec un rangement intégré. Ainsi, une fois franchi le portillon de sa terrasse, le visiteur peut ranger son vélo dans ce placard. Ces rangements permettent aussi d'assures une bonne intimité entre les logements, de donner un rythme à la façade et de ranger diverses

affaires (vélos, ski, outils..., En rentrant dans le logement, il y a un hall d'entrée avec des placards. Ce hall d'entrée se situe entre la cuisine et la ralle de bains. La cuisine bénéficie d'un accès direct sur la terrasse notel qui sera un lieu privilégier pour les repas de hiel au frais en été, prendre l'apélo le sui, lire un livre, travailler sur ordinateur, pricoler, discuter... au gré des besoins et des envies des habitants.

Une seconos larrasse est disponible au sud, elle sera villisée pour manger ou prendre le so sil. Les habitants auront la liberté d'anénager cette terrasse comme il le so haite pour bénéficier de plus d'intimité en y disposant par exemple, des plantes, ou des voiles. De plus, les logements T2 et T2 situés au 2e étage bénéficient d'un espace végétal au sud avec un rangement supplémentaire.

La cuisine donne sur un grand séjour/salle à manger orienté au sud. L'espace de vie en commun est ainsi traversant nord/sud afin de permettre un rafraichissement optimal en été (vent du Nord ou du sud). La porte d'entrée bénéficie d'une imposte ouvrante pour permettre d'aérer le logement sans avoir à s'inquiéter de problème



2e étage: logements

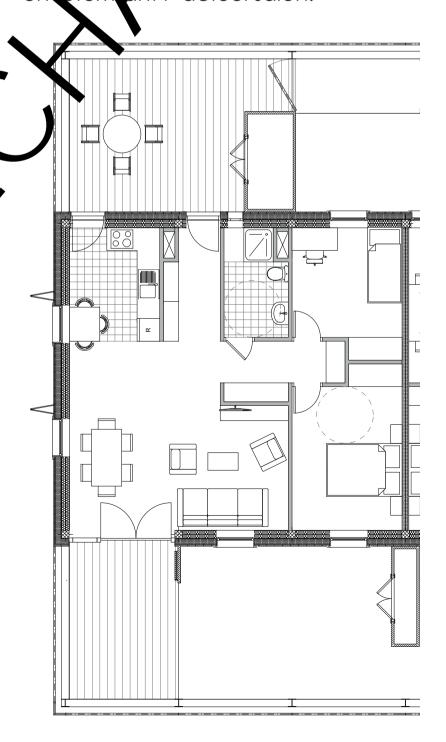
de sécurité ou d'intimité.

Toutes les salles de bains sont accessibles aux handicapés et ont une fenêtre donnant sur l'extérieur. Elles sont accessibles via un petit couloir qui dessert les chambres. Ce couloir permet de conserver un bon niveau d'intimité, on peut ainsi aller prendre une douche en se levant le matin, sans craindre d'être vue depuis les espaces en commun comme le séjour ou la cuisine.

Les chambres bénéficient toujours de nombreux placards, notamment entre elles, afin de renforcer l'intimité. Seule une des deux chambres des logements T3 donne sur la coursive. Cependant, un vide important permet de mettre la coursive en retrait de la façade. De plus, les logements T3 sont toujours situés en bout de coursives, ce avi diminue encore plus le potentiel vis-à-vis.

Tous les logements bénéficient de volets coulissants pliables qui permettent à la fois de renforcer l'intimité en façade nord et de protéger les logements des surchauffes d'été en façade aud et ouest. Ils sont ainsi coulissants pliables à la verticale en façade sud et nord.

De plus, ce logement T3 offre la possibilité d'avoir une plèse supplémentaire si besoin entreferment l'actuel salon.



Plan d'un T3: 69 m² habitables

2.01.5.2. Ambiances des logements

Les finitions sont les plus simples possible. Cette approche a plusieurs avantages. Le premier étant que les habitants pourront librement choisir leurs finitions, leurs couleurs, leurs matériaux, s'ils le souhaitent. Ils seront ainsi totalement libres de s'approprier leur logement. Cette approche permet aussi de limiter l'usage de matières et de matériaux, qui risqueraient d'être directement remplacés à la livraison des logements. On fait ainsi des économies d'énergie grise et sur le coût des logements.

Le sol des logements sera true chans de plancher chauffant rafraichissent qui restera nu, après avoir été truité axec une résine pour la rendre aussi facile à entretenir qu'un sol en carrolage. La hauteur de chape finie sara 1 cm plus bas que la hauteur de sol maximum, afin que les habitants puissent s'ils le souhaitent choisir un autre revêtement de sol : carrelage, parquet, stratifie, monuette, etc., et ainsi s'approprier leur logement.

Les mus sont en BA13 peints en blanc. Le plafoir a sera en béton brut (prédalle) peint en blanc dans lequel tous les réseaux (notamment électrique) auront été préalai lement intégrés.



La terrasse nord d'un T5

Pour ses ambiances intérieures, le projet s'inspire du projet de logements étudiants et sociaux à Paris de Lacaton et Vassal où la chape a été laissée brute et les plafonds en béton peints en blanc.



Logiment étudiants et sociaux, Ourcq-Jaurès, Paris 19, Lacaton et Vassal, 2014



Vue sur le séjour depuis la cuisine d'un T5

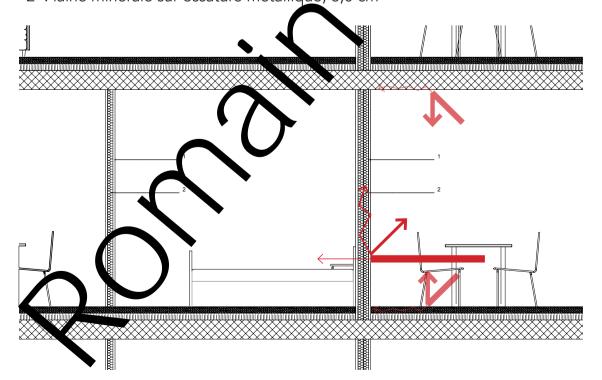
L'isolation acoustique entre les logements a été pensée pour être importante afin que les habitants puissent bien se sentir chez eux, sans entendre leurs voisins (voix, musique, aspirateur, bruits de pas et vibrations). Cela permet de renforcer le sentiment de vivre dans un logement individuel. On obtient ainsi un niveau d'isolation (DnT,A) entre logements de 63,5 dB alors que la réglementation exige seulement 53 dB. On obtient ce bon niveau d'isolation par l'utilisation d'une paroie placo-plâtre à deux ossatures métalliques non accolées contenant chacune 6 cm d'isolation laine minérale et deux plaques de BA 13 de chaque côté des logements.

La dalle en béton, avec chape pour plan cher chauffant et isolation thermique per met en théorie d'obtenir un bon indice d'isolation d'au moins 53 dB, grâce à l'effet de masse. La sensibilité aux bruits d'impacts sera aussi relativement faible. Cepen lans

pour savoir s'il est nécessaire d'ajouier un revêtement acoustique dans le plancher pour l'isolation acoustique ou les bruits d'impacts, il faudra précitément évaluer ces données afin que leur riveau de conforts soit en accord avac l'objectif du projet et les cloisons séparatives des logements.

1 : 2 plaque de BA13, 2,6 cm

2 : laine minérale sur ossature métallique, 6,0 cm



L' isolation acoustique des logements

Rw+C des cloisons intérieures aux logements = 47 dB

Rw+C des cloisons entre logements = 64 dB

Isolement acoustique entre deux logements :

DnT,A = R (w+c) + 10 log (0.32xV/S)-5

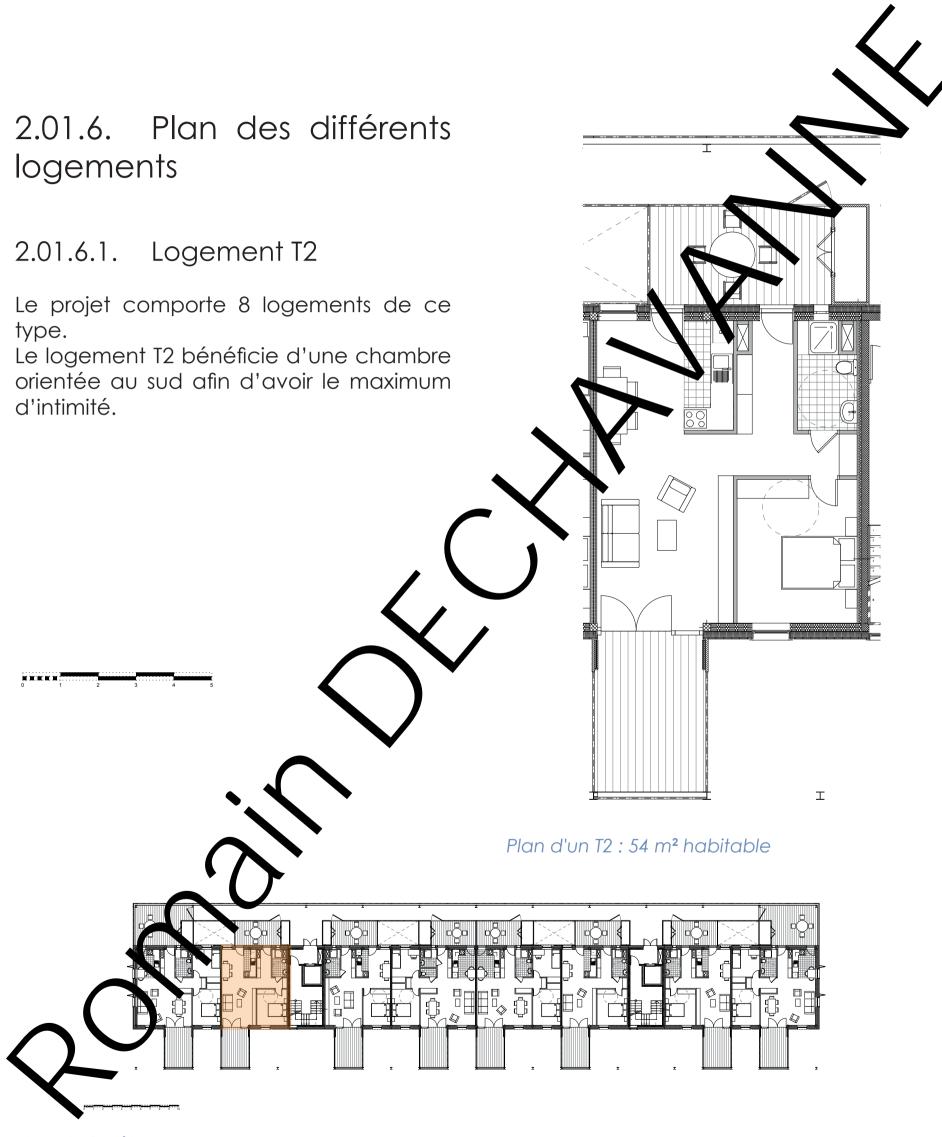
Espace émetteur indifférencié

Rw+C de la cloison = 64 dB

Volume d'un T3 = 187,2 m3

Surface de la paroi séparatrice = 20,8 m2

DnT,A = 63,5 dB



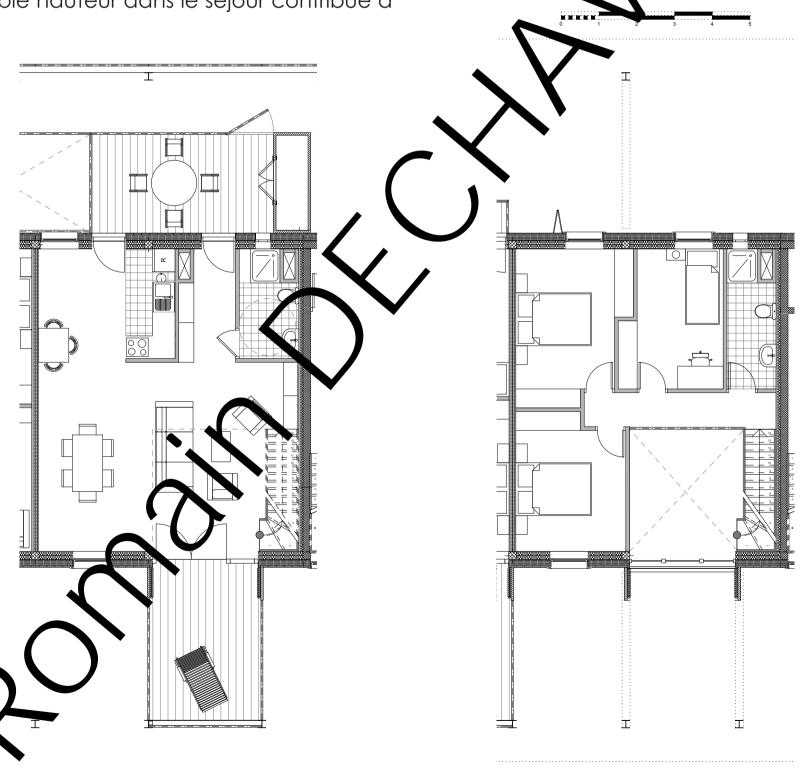
Plan du 3e étage

2.01.6.2. Logement T4 duplex

L'entrée de ces logements se situe 4e étage.

Le logement T4 est issu de la typologie du T2. Il bénéficie en son rez-de-chaussée d'un grand espace de vie en commun et une salle de bains. De plus, une ouverture en façade toute hauteur conjuguée à une double hauteur dans le séjour contribue à

donner un sentiment d'especes aux labitants avec une vue imprenable sur le massif de Belledonne. À l'étage du deplex, on y trouve trois chambes et une seconde salle de bains.

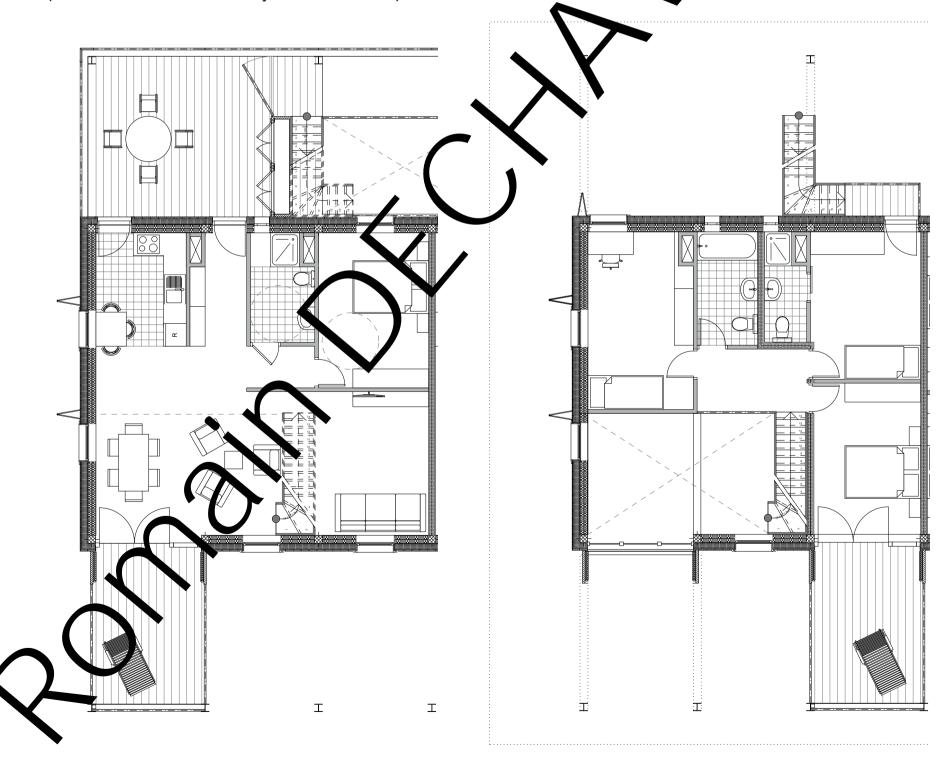


Plan d'un T4: 96 m² habitables

2.01.6.3. Logement T5 bis et T6 adaptables

Comme pour les typologies T4, l'entrée de ces logements se situe au 4e étage. Le logement T5 bis est issu de la typologie T3. Il bénéficie en son rez-de-chaussée d'un grand espace de vie en commun, ainsi qu'une chambre et une salle de bains. Un espace en retrait du séjour est créé par

l'escalier desservant l'étage de baus Cet espace plus intime peut constituer un salon de jeux pour les enfants, un selon télé, un bureau ou autre. Il ceut aussitrès facilement être transformé en une chambre supplémentaire pour satisfaire aux besoins de la famille en évolution, veir annexe "Autres plans de logement". De plus une ouver-



Plan d'un T5 bis: 120 m² habitables

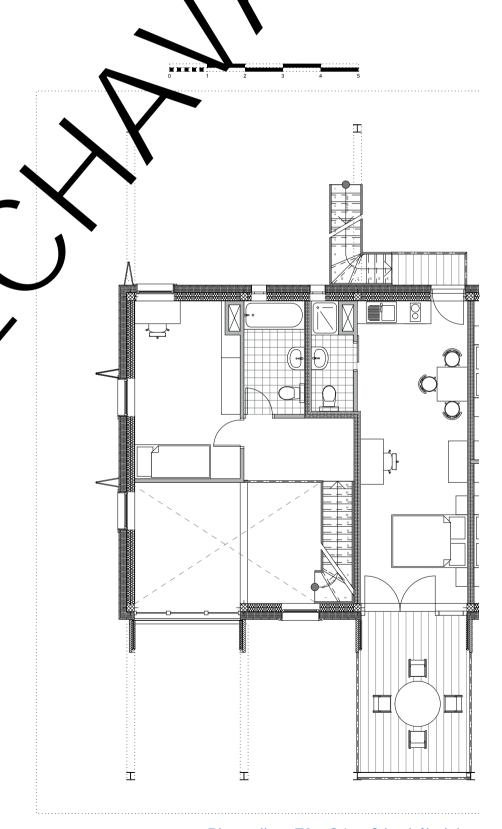
ture en façade toute hauteur conjuguée à une double hauteur dans le séjour contribue à donner un sentiment d'espaces aux habitants avec une vue imprenable sur le massif de Belledonne.

À l'étage du duplex, on y trouve trois chambres et deux salles de bains. Une petite salle de bains donne directement sur une des chambres. Tandis qu'une autre chambre bénéficie d'une belle terrasse privative avec une vue imprenable sur le paysage.

Une fois, les enfants plus grands, la chambre avec salle de bains et la chambre avec terrasse permettront de constituer un beau studio traversant de 26 m². Il pourra ainsi être loué en complément de revenu ou être habité par un membre de la famille indépendant. Il est desservi par un escalier privatif en façade nord et bénéficie d'une grande terrasse en façade sud.

L' évolution rapide de deux chambres à un T1

La transformation est très ravide et te cilement réversible puisqu'il suffit de condamner deux portes, de démonter une cloison, et d'installer une cui inc dans le placard attenant à la salle de boins. On pourra ainsi la refermer quand on ne cuisine pas.



Plan d'un T1: 26 m² habitable

2.02. Systèmes constructif et énergétique

2.02.1. Structure

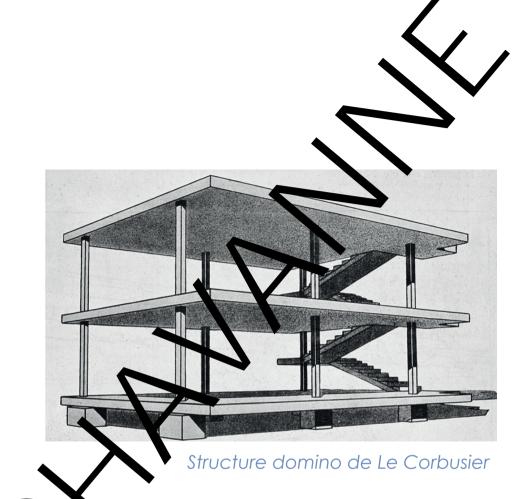
La structure est basée sur le même principe poteau-dalle que la maison domino de Le Corbusier.

Elle est rythmée par une trame de 3 m par 8 m pour les logements et une autre de 3 m par 4,50 de en façade sud et nord pour les coursives et les terrasses. Cette trame n'a pas été choisie au hasard. Elle sert à la fois pour ce bâtiment et les parkings évolutifs. Cette épaisseur est aussi relativement faible, ce qui permet de mieux intégrer le projet au tissu existant de la ZAC.

Le socle du bâtiment est construit en béton armé. Il est coffré dans des banches industrielles afin qu'il soit laissé brut. Le planchers du socle et des logements sont réalisés en dalle préfabriquée afin de gagner du temps lors de la construction des bâtiments.

Les coursives, les terrasses et le ciel photovoltaïque reposent sur une structure en acier. Le contreventement de l'ensemble de la structure du bâtiment est assuré par les distributions verticales réalisées en béton armé.

Le bâtiment utilise divers éléments préfabriqués d'origine locale peur sa structure, mais aussi pour son enveloppe afin d'avoir un chantier plur apide noins cher et avec une mise en auvre plus simple et de meilleure qualité.



2.02.2. Enveloppe

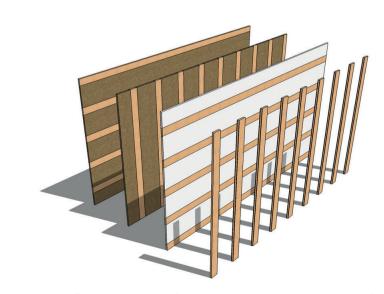
L'objectif du bâtiment est d'être producteur d'énergie. Pour ce faire il a donc fallu réduire au maximum sa consommation pour atteindre un très bon niveau passif. Pour l'enveloppe des logements, le bâtiment utilise les Panobloc® PR5B de Techniwood. Techniwood est une entreprise française qui produit des modules de façades sur mesure à proximité d'Annecy. L'usine se trouve donc à moins de deux heures du site du chantier. Les Panobloc® sont entièrement réalisés en usine, et comprennent : isolation, pare-vapeur, pare-pluie, bardage métallique et intégration des menuiseries.

Cette préfabrication a l'avantage d'affrit des éléments de qualité avec une bonne étanchéité de la paroi sans aucun posit thermique. Une fois arrivés sur site les penneaux n'ont plus qu'à être directement déchargés et fixés sur la structure en béton. Ce travail nécessite une grun et une petite équipe de manutention. Cette grue servira pendant toute la dérèt du chantier, de la mise en place des planchers béton préfabriqué à la réalisation du ciel photovoltaïque.

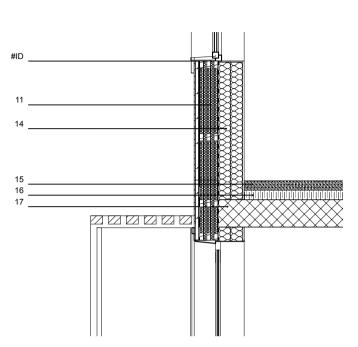
Les façades, notamment la façade sud, ont été dessinées pour pouvoir reposer sur des modules identiques de 3m par 3m. On a ainsi deux types de modules différents en façade sud (avec fenêtre ou avec portefenêtre).

Airsi grâce à ce dispositif, on dispose d'une bonne isolation et d'une bonne èrricheré à l'air. Une contre cloison avec isolation de 20 cm est disposée à l'intérieur des logements, afin d'améliorer encore la résistance thermique de la paroi et de permettre d'y disposer librement toutes les gaines électriques ou autres, sans compromettre l'enveloppe principale. L'isolation utilisée pour les Panobiac® et les contrecloisons est constitué de panneaux en fibre de bois qui otrentone résistance thermique attractive tour en ayant un impact carbone faible, con me c'est un produit naturel (non pétrolier) pouvant être réalisé de manière locale. On obtient ainsi une déperation in armique U de 0,1183W/m²/K pour les la urs des logements.

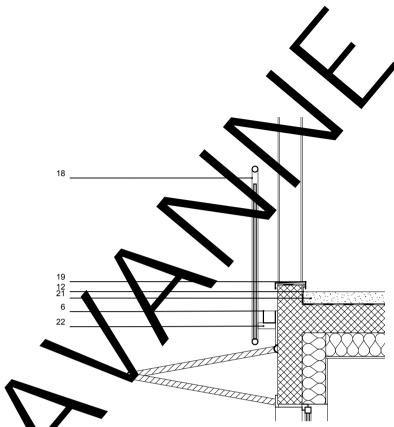
Les logements ont un bardage métallique blarc vertical qui entre en résonance avec les locaux Richardson et les anciens bâtiment industriels du site. De plus, de par sa construction en partie issue de la pré-fablication, le bâtiment est donc constitué d'éléments qui peuvent être facilement démontés pour être mis à jour, ou remplacés en cas de défauts. On peut même imaginer que si un jour le bâtiment doit être démoli, il pourra être déconstruit et chaque élément recyclé ou réutilisé dans d'autres constructions et ainsi réduire l'impact carbone de sa démolition.



Panobloc® de Techniwood (source: Techniwood)

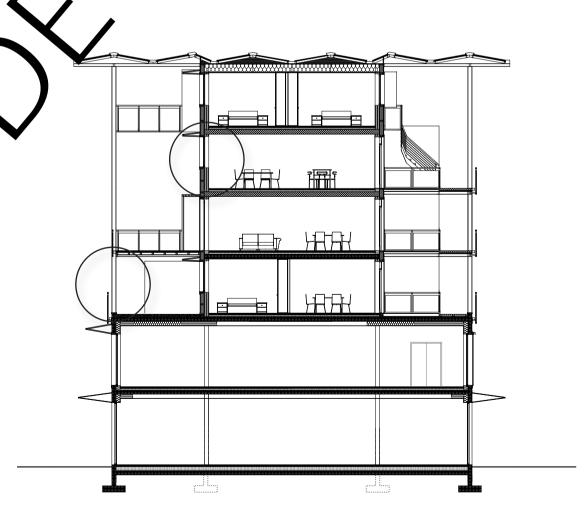




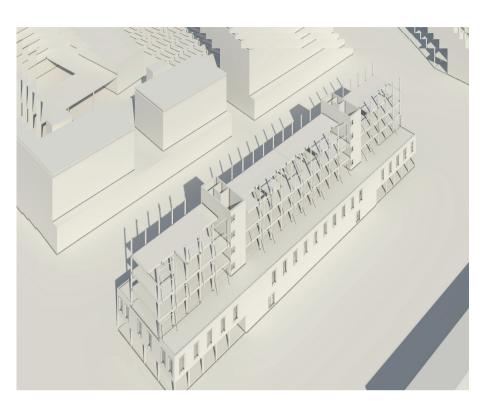


rotère du socle avec la rambarde

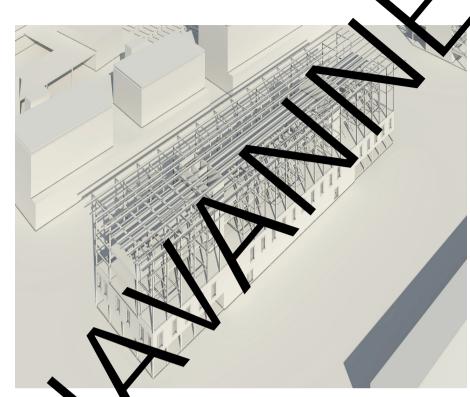
- 1 : tôle faîtière avec aération passive
- 2 : panneau photovoltaïque bi-verre (50% d'opacité par les cellules)
- 3 : supports des panneaux photovoltaïques
- 4 : ferme métallique
- 5 : poutre en acier
- 6 : chêneau en acier galvanisé
- 7 : poteau en acier
- 8 : panneau photovoltaïque (polycristallins au sud et amorphe au nord)
- 9 : bardage en acier ajouré (aération pa
- 10: isolant performant (400mm)
- 11: Panobloc PR5V (comprenant pa tion, pare-pluie, liteaux et bardage me
- 12: pare-pluie
- 13: pare vapeur et finition er en plaque d'OSB laissée brute
- 14: contre-cloison ave ation en ouate cier et finition en de cellulose avec mor ants en **BA13**
- ncher cosuffant et finition laissée 15: chape avec brute grâce à une inture protectrice en résine
- hauffant 16: isolatio
- 17: dalle réfabriqué avec finition en pein--face ture blan ne en sou
- er galvanisé
- pour végétalisation basse (herbe)
- tanchéité
- 22: su port de la rambarde et du chêneau fixé sur le mur en béton
- 23 dalle en béton en bac acier



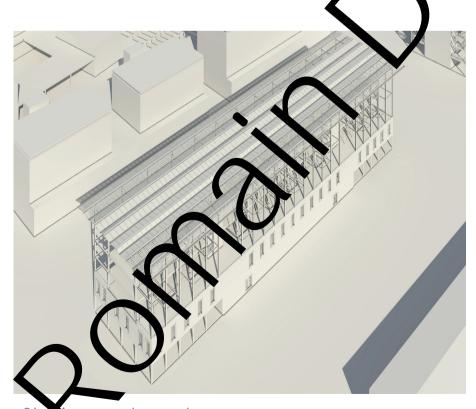
Coupe nord-sud du bâtiment



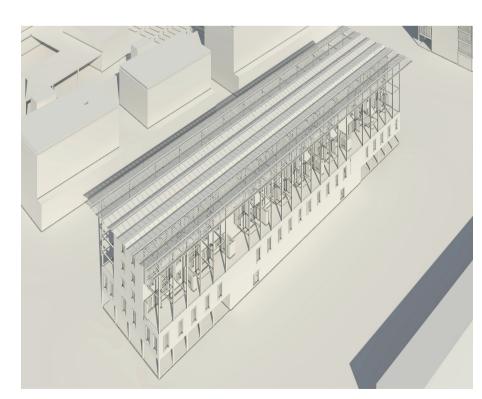
1) Mise en place de la structure en béton



2) Mise en place de la structure en acier supportant les terrasses, les coursives et le ciel photovoltaïque



3) Mise en place des panneaux photovoltaïques et mise hors d'eau du bâtiment



4) Mise en place de l'enveloppe qui permet de rendre le bâtiment hors d'air

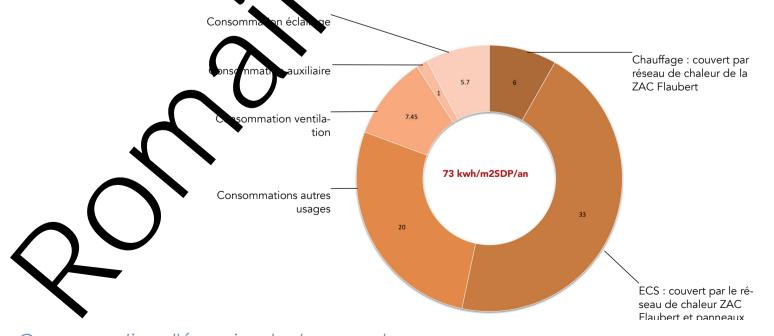
2.02.3. Besoins énergétiques des logements

Grâce à toutes les mesures prises précédemment pour réduire les besoins en énergie et avoir les dispositifs les plus efficaces possible, le bâtiment répond donc en tout point au standard passif selon le logiciel d'évaluation "baby papoose".

Ceci est en bonne partie dû au bon niveau de compacité du bâtiment, à ses larges ouvertures en façade sud qui permettent d'avoir des apports en hiver tout en étant protégées de la surchauffe d'été, à une bonne enveloppe isolée et à la bonne inertie thermique offerte par les dalles. La besoin de consommation de chauffage est donc de 6 kw/h/m²SDP/an en utilian une ventilation double flux. En utilisant une ventilation simple flux, les besoin consommation de chauffage seulement de 12 kwh/m²SDP/(in. On e nomiserait ainsi sur la consomination la ventilation qui passerait de 7,4 m²SDP/an à 3,45 kwh/m²SPP/an. Dans le cadre de ce projet, il es néal moins plus

pertinent d'utiliser une ven flux, puisque l'énergie qu'elle tilisera sera renouvelable grâce aux par nearx photovoltaïques. Pour pren ce acore de décision, il faut donc penser aux coefficients d'énergie primaire nécessaire à chaque consommation d proc afin de choisir l'option qui en consemmera le moins : par exemple l'électricité en réseau de France ę 2,58, tandis qu'en proa un coefficient à duction photovoliaique sur site, elle a un coeffic → La totalité des consomectriques sera bien évidemment mations \ couverte car le ciel photovoltaïque.

Comme le montre l'atlas des sols de la ZAC, le sité du projet Microcosme a accès au réseau de chaleur de la ville de Grenoble. Actuellement, c'est un réseau haute température qui est amené à être converti en un réseau basse température afin de permettre les échanges d'énergie entre les bâtiments. Le bâtiment y sera donc raccordé pour assurer son chauffage et une partie de son ECS (eau chaude sanitaire) en hiver. En effet, des panneaux photovoltaïques hybrides seront installés afin



Consommation d'énergies des logements

d'assurer la production d'ECS en été. Pour en apprendre davantage sur l'énergie consommée dans le bâtiment et sa production d'énergie, je vous invite à consulter les annexes "Simulation énergétique" et "Stratégie énergétique".

2.02.4. Ciel photovoltaïque

Dans cette partie, nous présenterons la toiture photovoltaïque du bâtiment de logement dont la logique est semblable à celle de la toiture du parking.

Le ciel photovoltaïque est porté par une structure acier. Son contreventement est assuré par les noyaux de distributions verticaux en béton armé.

2.02.4.1. Panneaux photovoltaiques

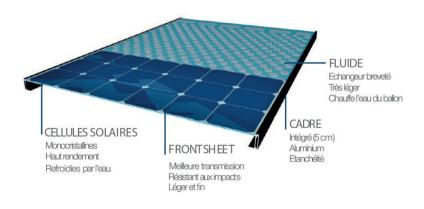
On dispose 4 types de panneaux solaires différents sur le toit du projet Microcosme. Sur les pans de la toiture quentés au sud, on y disposera des cellules photovoltaïques polycristallins PW 2300 de Photowatt qui sont produites à Villearbaine. Cette production locale permettra donc d'avoir un impact carbore plus faible.

Sur les pans de toiture orientés au nord où la luminasité sora plus diffuse et donc moins importante, on dispose des panneaux amorphes qui seront moins chers et plus performants dans cette situation. De plus, is permettront de lisser la production ancuelle du projet, puisqu'à la différence des panneaux polycristallins, ils seront capables de produire par temps couvert.

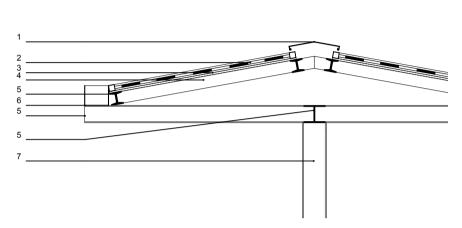
Au niveau des coursives arr rasses, on installera des panneaux photocetules par voltaïques bi-verre à 50% de panneaux pour bén ne luminosité accrue dans ces e paces. Ainsi cela créera une carapée de nt les cellules seront les feuilles. En plac de produire de l'énergie par 'hoto nthèse", la canopée se rafraichira grace a son feuillage (cf. voir perspective de la terrasse nord et le schéma ci-dessous).

Au-dessus con distributions verticales, on installera des panneaux photovoltaïques hybrides de Dual Sun (constructeur francais). Ces panneaux généreront à la fois de l'électricité via ces cellules, mais aussi de l'électricité via ces panneaux ont donc l'avantage de moins chauffer en été et d'avoir un meilleur rendement de production électrique. Ils participeront au refroidissement passif de la toiture tout en permettront la production d'ECS nécessaire aux logements en été.

Afin d'assurer une bonne production électrique, même durant des périodes extrêmes comme l'été à midi, la toiture, bénéficie d'un espace vide entre le toit isolé des logements et la toiture photovoltaïque où l'air pourra y circuler en passant par les tôles ajourées en façade et les tôles faitières équipées d'aérations.



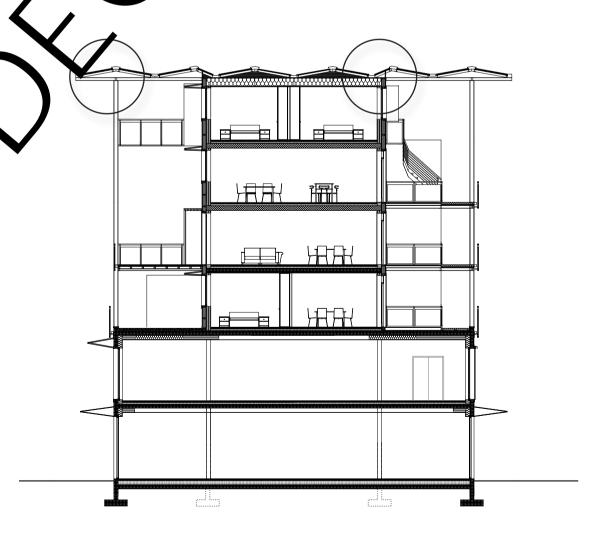
Les panneaux hybrides (source: Dual Sun)





Détails de la toiture photovoltaïque sur les terrasses et les coursives

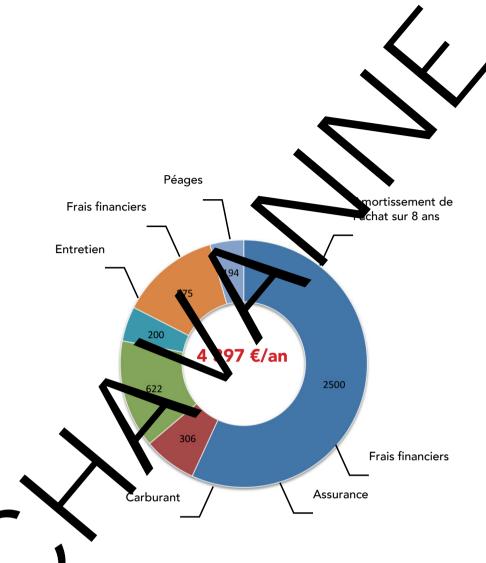
- 1 : tôle faîtière avec aération passive
- 2 : panneau photovoltaïque bi-verre (50% d'opacité par les cellules)
- 3 : supports des panneaux photovoltaïques
- 4 : ferme métallique
- 5 : poutre en acier
- 6 : chêneau en acier galvanisé
- 7 : poteau en acier
- 8 : panneau photovoltaïque (polycristallins au sud et amorphe au nord)
- 9 : bardage en acier ajouré (aération passive)
- 10: isolant performant (400mm)
- 11: Panobloc PR5V (comprenant par vapers isolation, pare-pluie, liteaux et bardage met lique)
- 12: pare-pluie
- 13: pare vapeur et finition et soul-fac en plaque d'OSB laissée brute
- 14: contre-cloison aver 200 mm discration en ouate de cellulose avec mon ants en cier et finition en BA13
- 15: chape avec puncher chauffant et finition laissée brute grâce à une pointure protectrice en résine
- 16: isolation plansher hauffant
- 17: dalle in béton réfabriqué avec finition en peinture blan ne en sou -face
- r8: ra banto en a der galvanisé
- 19: convertine en acier
- 20: symmetre pour végétalisation basse (herbe)
- 21. stanchéité
- 22: su port de la rambarde et du chêneau fixé sur le mur en béton
- 23 dalle en béton en bac acier



Coupe nord-sud du bâtiment

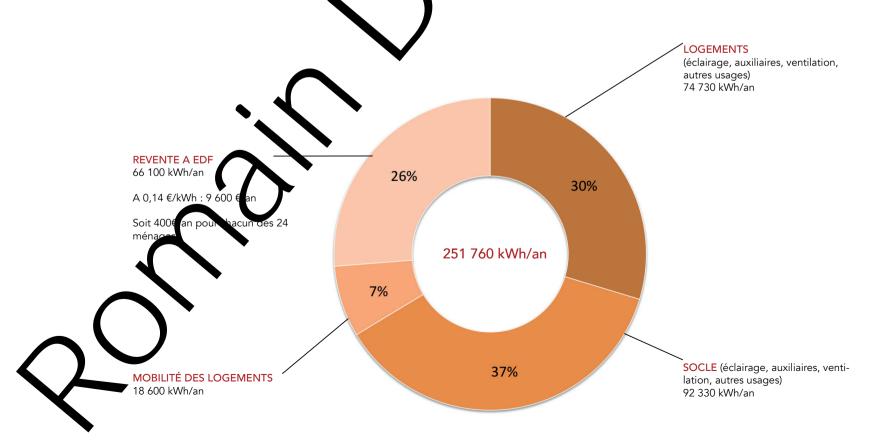
2.02.4.2. Production annuelle et économies pour les ménages

Cette grande toiture photovoltaïque est comme une mini centrale solaire pour le quartier de la ZAC Flaubert. Chaque année, elle produit suffisamment d'énergie, pour alimenter l'ensemble des logements du projet ainsi que son socle en électricité (ventilation, éclairages et auxiliaires), pour permettre la mobilité électrique de la moitié des logements du projet (voir tous si besoin), et offrir un surplus qui peut être renvoyé sur le réseau EDF afin de générer des revenus pour les ménages. Ainsi, pour faire le plein de leur voiture électrique et pour la consommation électrique de leur logements, les habitants du projet ne paie ront rien. Ils économiseront en moyenne 1 443 €/an arâce à leurs véhicules triques (voir graphique ci-contre) en électricité (pour un logement de



Cout d'usage d'une Reanult Zoe pour 13 000 km/an

1 443€/an d'économies comparé à une Renault Clio essence



Répartition de la consommation de la production annuelle du ciel photovoltaique

et un tarif d'achat 0,15€ du kWh). Ils dégageront aussi grâce au surplus de production électrique, 400€ de revenus par an par ménage. De plus, les ménages qui le souhaitent pourront s'abonner au service d'autopartage électrique et ainsi faire de grandes économies d'environ 4 000€/an. En revanche, les ménages devront s'acquitter des factures de chauffage et d'ECS réduites alimentées en partie par le réseau de chaleur qui devraient coûter aux environs de 300€/an.

Ainsi, les économies totales réalisées par chaque ménage du projet sont au minimum 2 203 €/an, ce qui représente environ 8% des 25 452 € de revenus annuels d'un ménage de la ZAC Flaubert, selon l'INSE en 2012. Il ne faut pas perdre de vue que le coût des énergies fossiles va continuer à augmenter au fur et à mesure de l réfaction, il faut donc voir cette pren économie comme un point, dont le bénéfice ne devrait desser d'a menter au fur et à mesure des dinées On peut aussi compter sur l'effet sin que ce projet peut avoir sums ménages y habitant en les incitant à faire plus attention à leur empreinte écologique. Ceci pourrait les mener à e de lacer en mode doux (marche, velo, inansport en commun...)et à cop combe de manière plus responsable (legumes de saison et locaux, produit durc ble et de qualité...) et à produire leur pit pre potager. Les jardins copartagés entre les habitants du projet ont és afir d'accompagner ces objecmettant les habitants en rela-

Ainsi ils deviendront acteurs de leur propre santé et feront aussi des économies en consommant mieux. Ce projet participera donc au bien-être de ses habitants et de leur portefeuille.

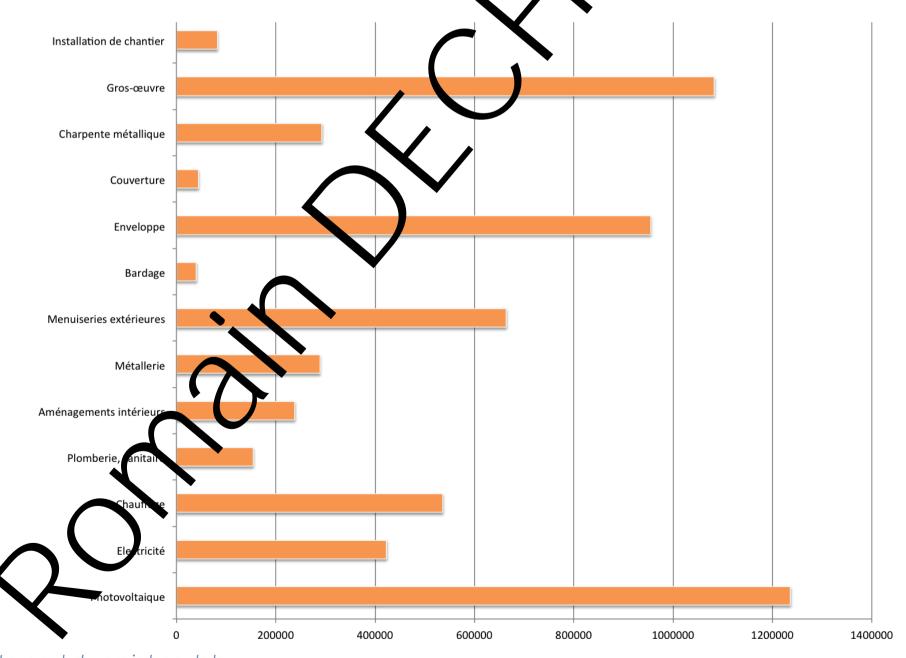
2.02.5. Le coût du projet et son financement

Le coût total des travaux du projet Microcosme est de 6 035 950 €. Le second poste de dépense le plus important est le grosoeuvre (1 083 095€), qui revient à 347€/m²SPD du projet(incluant le socle). Le coût des aménagements intérieur est très faible grâce aux finitions simples avec un montant total de 238 464€, soit 140€/m²SDP des logements. Le coût de la couverture est dérisoire, avec 44 290€, soit seulement

14,21€/m²SDP du projet. Comparte eniquement très faible puisqu'il comparte eniquement les descentes d'eaux pluvieles, la toiture végétalisée du socle d'eaux étanchéité, la couverture des logements étant assurée par le ciel photovoltaïque.

Ainsi, le ciel photovolto que coûte très cher, plus cher que le grobeuvre avec un montant de 1 236 207 €, soit un coût d'environ 400€/ m²SDF du projet.

Cependant, cette toiture photovoltaïque produit de sépergie et protège les logements, le verrasses et les coursives du soleil en été et des intempéries, tout en y créant



Le cout du projet par lots

des ambiances particulières. Avec plus de temps, il serait intéressant de faire un chiffrage plus actualisé et détaillé des prix du ciel photovoltaïque qui pourrait s'avérer éventuellement moins cher. C'est un élément indispensable du projet qui permet de répondre à la future RT 2020, d'être BEPOS (Bâtiment à énergie positive), et de participer à la transition énergétique en tant qu'acteur majeur de la ZAC Flaubert, grâce à la revente d'énergie renouvelable à EDF et au service d'autopartage électrique qui profitera aux habitants de la ZAC, et de Grenoble. Pour plus de détails sur le chiffrage de ce bâtiment, je vous invite à consulter l'annexe d'économie.

Le prix de construction des logements brut revient à 1519€HT/m², ce qui est un prix raisonnable pour des logements passes. En intégrant dans le coût des logement coût du ciel photovoltaïque e butions, on obtient un coût d 1 899€ m²SDP. C'est un coût important, mais rentre dans les fourchettes des logaments construits au standard BEPC (Bâtiment à énergie positive). En intégrant à ce coût, 20% de marge pour les différents acteurs (architectes, cabinet d'élè des, géomètre, promoteurs...), on obtient un coût HT de puis en incluant la TVA à 2 277€HT/m²SDB 20 %, on obtient aix s un prix d'achat de 2 731 € TTC, m²SDP qui correspond au prix de vente du logement social sur Grenoble qui est de 2 700 € TTC. À la différence que es logements, les habitants feront nies d'énergie, et d'argent, articipant à la transition énergéde la ZAC Flaubert.

Selon les chiffres de l'INSEE de 2010, les

ménages de deux personnes présentent 78% des ménages présents sur la commune. On lie alors lette taille de ménage moyenne a reveni moyen de la ZAC Flaubert qui est de 25 452 €/an au besoin moyen d'asquérir de logement T2. On obtient alors un logement T2 de 54m² qui coute 147 474€ avec un emprunt sur 20 ans (taux d'intérêt de 2,18%) et des mensualités 778 mois. Pour un ménage moyer de la ZAC qui gagne 25 452 €/an, tiers de ses 936€/an. C'est donc 800 € trop revenus, cher our permettre à un ménage moyen L'achat de leur bien en toute sérénité. Ceadant, comme le ménage moyen est une moyenne, il y en a au-dessus et endessous qui cherchent divers biens, du T1 T6, il est donc très difficile satisfaire un ménage moyen puisqu'il y en a une infinité. De plus, des dispositifs d'aide ou de prêt à taux zéro peuvent s'appliquer dans certains cas. Le prêt à taux zéro permettrait de rendre l'achat du T2 possible pour ce ménage moyen avec des mensualités de 614€, soit 7 360€/an.

En revanche, si on prend en compte les économies d'énergies que permet le projet Microcosme pour le logement et la mobilité (2 203 €/an minimum, voir partie précédente), cela permet de combler le déficit budgétaire sans recours a aucun dispositif d'aide. Il n' y a donc plus qu' à convaincre son banquier qu'on peut faire des économies grâce au Microcosme!

2.02.6. L'avenir du ciel photovoltaïque

Le ciel photovoltaïque a toute la vie devant lui. Nous parlerons dans une première partie de la durée de vie estimée des cellules photovoltaïques, puis de leur recyclage et enfin du futur du ciel photovoltaïque.

La vie des cellules photovoltaïques

Comme nous le verrons par la suite, les panneaux photovoltaïques ne tombent pas en panne du jour au lendemain une fois leur 20e anniversaire passé. Les panneaux subissent une perte de rendement tout au long de leur vie et plus particuliè rement durant leurs 5 premières aprées d'existence. Cette perte est en part à l'opacification progressive du verre panneaux par les intempéries qui riore son traitement antirefle Les principales parties sensibles de ces panneaux sont donc le revêtement en verre de peut s'opacifier ou se briser et etanchéité du panneau qui peut se détériore.

Selon un rapport publié par l'INES¹ (Institut National de l'Énergie Soloire) la première installation photovoltaique française qui avait été installée par l'association HESPUL en 1992 a subi en 26 ans une perte de rendement de 8,3%. Or à l'heure actuelle, les fabricants s'engagent à une experte de rendement maximale de 20% en moyenne au bout de 2) ans.

On peut denc supposer que les panneaux rebriqués actuellement offriront sans pro-

1 source: http://www.hespul.org/wp-content/uploads/2013/02/rapport-ines-hespul-septembre-2012.pdf

blème les mêmes durées de vie et performances, grâce à l'expérience gagnée au fil des années par les constructeurs. En effet, en 20 ans les randoments sont passés d'environ 8 % à 1 6 %. De plus, selon une étude, la baisse des pix du photovoltaïque, de ses origines à cujourd'hui, a été vertigineuse. Ainsi, dans les années 70, un Watt-Crête non installé coûtait 50€, aujourd'hui, un Watt-Crête installé coûte 3€.

L'énergie grise des cellules photovoraïques et leur recyclage

panneaux photovoltaïques génèrent rucoup d'énergie grise. Les cellules photoyoliaïques mono et polycristallines sont fabriquées à partir de tranches de silicium ristallisé. La purification et la cristallisation de silicium sont les parties du procédé de fabrication qui demandent le plus d'énergie. À cela s'ajoute l'extraction du silicium, le recyclage du silicium de récupération, la découpe du cristal, l'assemblage des modules, le transport, la mise en œuvre, et le recyclage pour les modules arrivant en fin de vie. Toutes ces étapes durant la vie d'un panneau solaire (de 20 ans environ), consomment une quantité d'énergie estimée entre 420 à 600 kWh/m² selon les technologies. Cependant, l'augmentation de la demande mondiale encourage l'industrie photovoltaïque à progresser et à améliorer les performances des modules et des procédés de fabrication. Certaines technologies permettent une réduction de l'énergie grise à environ 150 kWh/m². Selon une étude du département américain de l'énergie², The National Re-

² http://www.nrel.gov/docs/fy04osti/35489.pdf

newable Energy Laboratory, les panneaux produisent autant d'énergie qu'il n'en a fallu pour les fabriquer en 4 années au maximum, soit un cinquième de la durée de leur vie minimale. Le temps de retour énergétique pour le projet Microcosme est évalué à environ 3 ans selon le logiciel Calsol.

Le futur du ciel photovoltaïque

La technologie du recyclage pour les modules au silicium cristallin est déjà connue et utilisée. Les divers éléments constituant les panneaux photovoltaïques sont séparés afin de récupérer l'aluminium, le verre et les métaux pour les recycler.

La qualité d'un wafer (module silicium) reste encore bonne ou bout de 20 ou 30 ans de service. Ils sont donc révtilisés dans les nouveaux modules et offrent une puissance de 94% par rapport à leur puis sance originale. Quant aux wafers abîn és, ils sont refondus en lingots de silicium pour faire de nouveaux wafers.

L'association PV Cycle³, nec en 2007, se charge de collecter et de recycler les modules photovoltaïques en Europe. Elle regroupe des industriels (Sharp, Isofotén, Q-Cells, Solarworld), First Solar, ...), des organismes de recharche (L'institut néerlandais ECN, ...) et des associations (EPIA⁴, BSW⁵, ...).

Dans 20 à 40 ans, les panneaux actuellement installés dans le projet Microcosme seront très probablement devenus absolètes au niveau de leur reretament et pourront si nécessaire être démontés de la structure afin d'être recyclés et remplacés par de nouveaux panneaux pas performants.

Actuellement, il y a divers nouveaux procédés en test dans les laboratoires, avec des rendements pouvant aller jusqu'à 80%

FIGURE 23 - RENDEMENTS DES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES ET DES MODULES CORRESPONDANTS

Technologie	Rendement laboratoire	Module	
		Module prototype	Module commercial
Silicium monocristallin	24,7%	22,7%	12-20%
Silicium polycristallin	20,3%	16,2%	11-15%
Silicium amorphe	13,4%	10,4%	5-9%
CdTe	16,7%		6-9%
CIS	19,3%	13,5%	9-11%
CIGS	19,9%	La man al	
Cellule de Grätzel	11%	8,4%	
Cellules organiques (polymères)	5%	nothing at a	
Cellules organiques (petites molécules)	5,7%		
Cellule multijonction (sous concentration de 236 soleils)	39%	25-30%	
Nanoflocons	30%		
Nanofils	18%		
Nanoantennes	80% (à 10000 Ghz)		flavoloriq-ma

(source : Systèmes Solaires - hors série spécial Recherche solaire, 2006)

Les différentes technologies et leur rendement

³ styrct: http://france.pvcycle.org

⁴ Zuropean Photovoltaic Industry Association (Association Euopéenne de l'industrie Photovoltaïque)

⁵ Bundesverband Solarwirtschaft (Association de l'industrie solaire allemande)

2.03. La mobilité à énergie positive du quartier

2.03.1. Une offre large de services à la mobilité

2.03.1.1. Parking silo de quartier

L'entrée du parking silo est situé à l'est de la parcelle pour être au plus près du nouveau carrefour et limiter les nuisances pour les logements.

Les piétons accèdent au parking par la place qui est désormais reliée au reste de la ZAC et de la ville par la nouvelle voie douce. Ce parking qui avait été demandé par la SAGES comporte 135 places de stationnement (hors autopartage). Il permet donc de garer les 70 voitures issues du pro

jet INspi-EXpi situé au nord de l'illat en plus d'autres véhicules issus de la Z.C.

2.03.1.2. Autopartage électrique

Le service de véhicules électrique en autopartage est directement accessible en rez-de-chaussée depuis la place pour les piétons. L'ensemble sera un prolongement de l'initative d'autopartage électrique qui a déjà été amorcé à Grenoble. Le bâtiment est producteur d'énergie sur son toit et permet de générer assez d'énergie pour que chacun des 26 véhicules électriques en autopartage puisse effectuer 98 000km/an. En supposant que dans la réalité, chacun



La place de la mobilité et le parking silo

de ces véhicules réalisera 13 000 km/an, on génère alors 29 000 €/an de revenu via la revente de l'électricité, soit le coût d'une voiture électrique hors prime d'états (7 500 €). Cette production d'énergie peut donc servir de levier pour financer le bâtiment et aussi l'autopartage électrique.

2.03.1.3. Aire de covoiturage

Une aire de covoiturage est aménagée devant le parking afin de favoriser le covoiturage entre les habitants du quartier. Elle est située proche de la place afin que les gens puissent aller s'y reposer, se rencontrer, discuter en attendant leur covoiturage. On peut imaginer que l'agence de mobilité participe à cette initiative en mettant les habitants en relation entre eux.

2.03.1.4. Mode de transports doux : vente et ateliers

Dans le parking silo, on trouve un garage à vélo qui donne directement sur cette place. De plus, un atelier participatif de réparation des modé doux (vélos, trottinettes...) ainsi que de leur revente a été aménagé dans un local donnant sur la nouvelle voie. L'association un p'tit vélo dans la tête serait très probablement intéressée d'y participer puisque ses locaux actuels situés sur le campus et dans le centre-ville sont satures.

2.03.2. La construction des parkings

2.03.2.1. Structure et matérialité

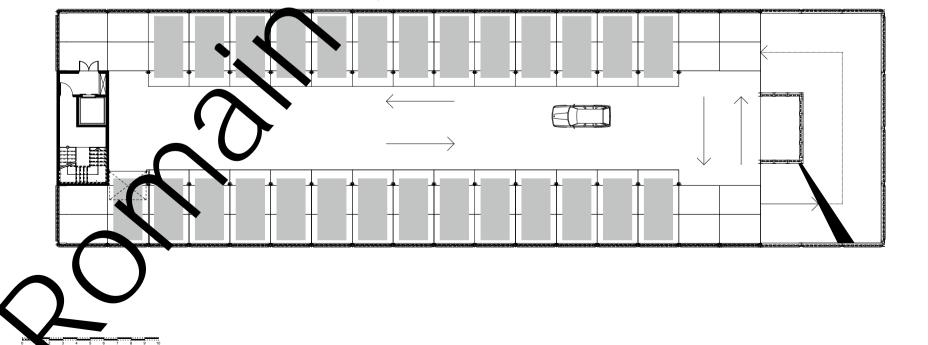
La structure du parking est basée sur la même trame que le bâtiment des logements. Ils possèdent aussi le même noyau de circulation. Leur système constructif est donc très proche.

Contrairement aux logements, une partie de la structure est démontable, afin de donner plus de perspectives d'évolution à ce bâtiment. Le principe repose sur le système de SiderPark qui vend des parkings préfabriqués démontables. Sur ce projet seules les dalles correspondantes au stationnement des véhicules à partir du 2e étage seront démontables. La structure en acier sera fixe puisqu'elle supporte aussi

la toiture photovoltaïque. Cette del ière est basée sur le même principe que celle des logements, mais uniquement avec des panneaux polycistallins su sud, et amorphes au nord.



Un parking SiderPark, http://www.siderpark.fr

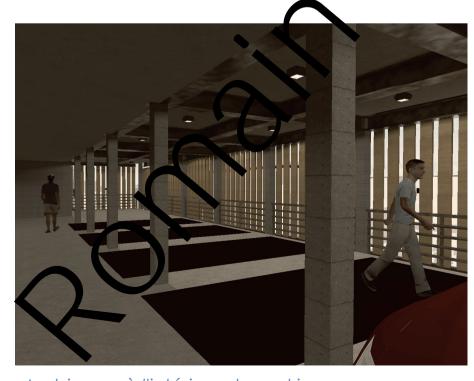


Un plan d'étage en partie démontable

2.03.2.2. Ambiance

À l'image des logements, la finition du parking est la plus simple possible.

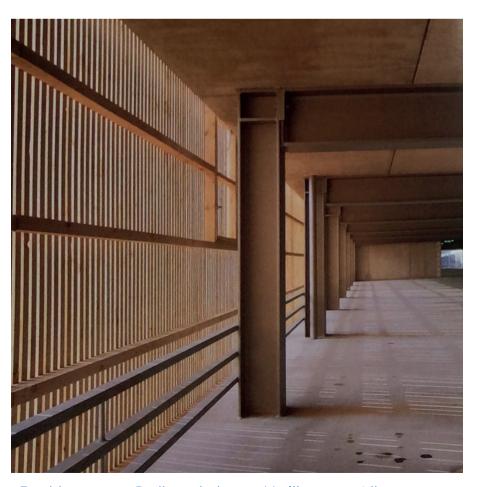
Les parkings bénéficient en façade d'un bardage bois ajouré. Ceci a plusieurs avantages. Il permet de conférer au parking une ambiance plus chaleureuse et agréable, moins minérale que les parkings habituels. Il permet aussi de conférer une lumière naturelle et une vue vers l'extérieur et les magnifiques massifs bordant Grenoble. Ainsi le parking silo 1 de la Villeneuve est le parfait exemple d'un parking froid et lugubre, tandis que le Parkhaus am Bollwerksturm est beaucoup plus agréable et chaleureux. Le vent étant très présent à Grenoble, ce bardage ajouré permet auss au parking de jouir d'une ventilation vatu relle nord-sud. De plus, de par la dir dominante du vent et l'agencement parking qui place la circulation des piétons sur la façade boldant les gements du projet, le parking ne pas de nuisances.



Ambiance à l'intérieur du parking



Parking silo 1, Villeneuve, Grenoble



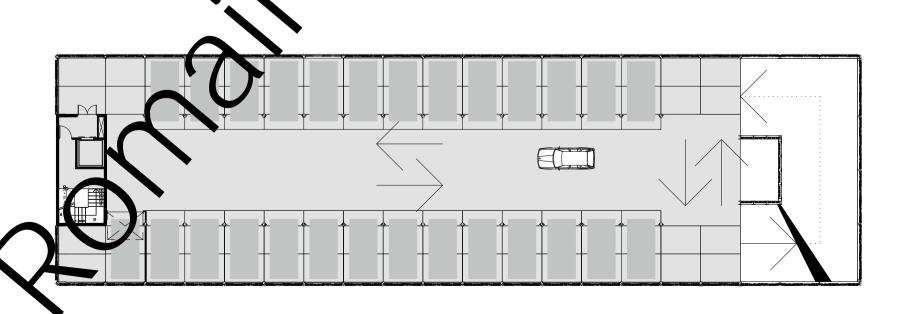
Parkhaus am Bollwerksturm, Heilbronn; Allemagne

2.03.3. Les scénarios d'évolutions du bâtiment

2.03.3.1. Parkings de nouveaux véhicules électriques

À l'origine le parking est pensé pour héberger des véhicules électriques en autopartage au rez-de-chaussée et des véhicules thermiques dans les étages supérieurs. Cependant, compte tenu de l'évolution permanente et rapide des technologies des véhicules électriques, à hydrogène ou autre, le parking a été pensé afin que des gaines soient disponibles devant chaque place de stationnement afin de pouvoi par exemple installer des bornes de, re charges électriques, des prises et, et surplus de production vu précéden serait alors en partie absorbé par cules. Regrouper ainsi tous les véhicul un même lieu prend alors un Souble se puisqu'il permet à la fois de libérer l'esp de la rue de leur emprise et d'accom-

pagner leur éventuelle tra nouvelles énergies. Ainsi, déjà quiourd'hui grâce aux véhicules électriques en autopartage et encore er stus à la rme, grâce aux véhicules électrique es des habitants du quartier, ce parking à eviendrait alors un acteur important o transition énergétique du quartil en se transformant en une batteria qui stockerait le surplus d'énergie la journ ée (panneaux photovoltaïque) et la redistribuerait en période de forte consor regtion comme le soir.



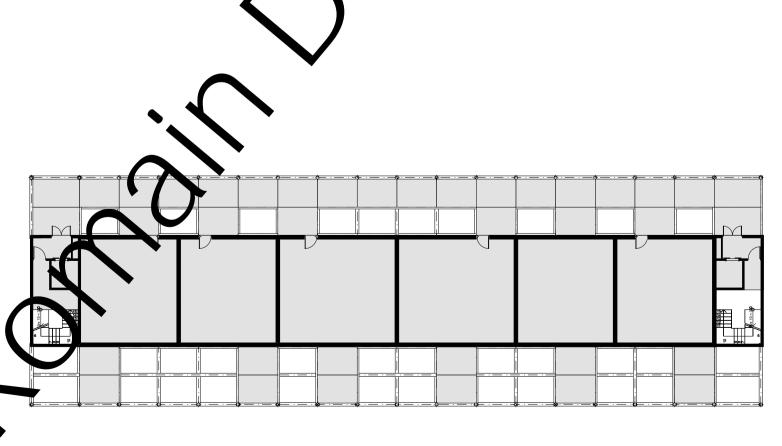
Étage de parking

2.03.3.2. Logements

Comme ce bâtiment partage beaucoup de points en commun avec le 1er bâtiment, dont sa trame structurelle, il deviendrait donc très facilement un bâtiment offrant des logements semblables. Pour ce faire, il suffit de démonter la rampe de circulation des véhicules afin d'y construire une seconde distribution verticale, de démonter le bardage en façade et les dalles superflues, puis de décontaminer la structure avant de commencer la construction des logements.

Ces logements seraient basés sur la même enveloppe et les mêmes matériaux que ceux du premier bâtiment.

De plus, compte tenu des charges admissibles par la structure, les espaces extérieurs, comme les balcons et les coursives pourraient accueillir des équipements différents, comme des arbres, des piscines...

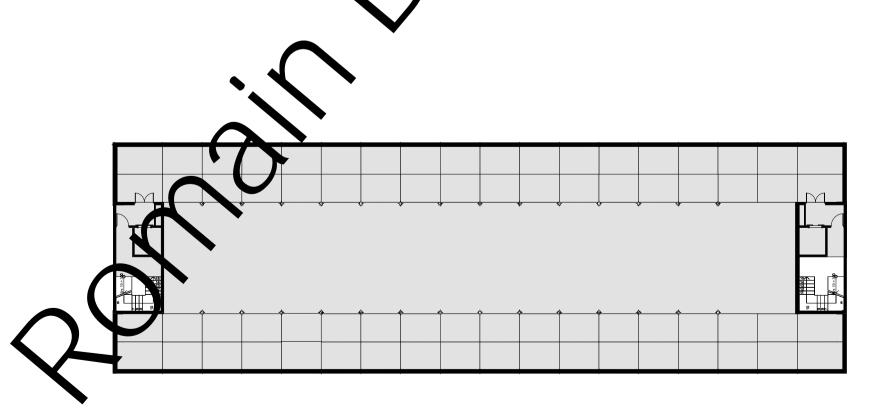


Étage de logements

2.03.3.3. Équipement public

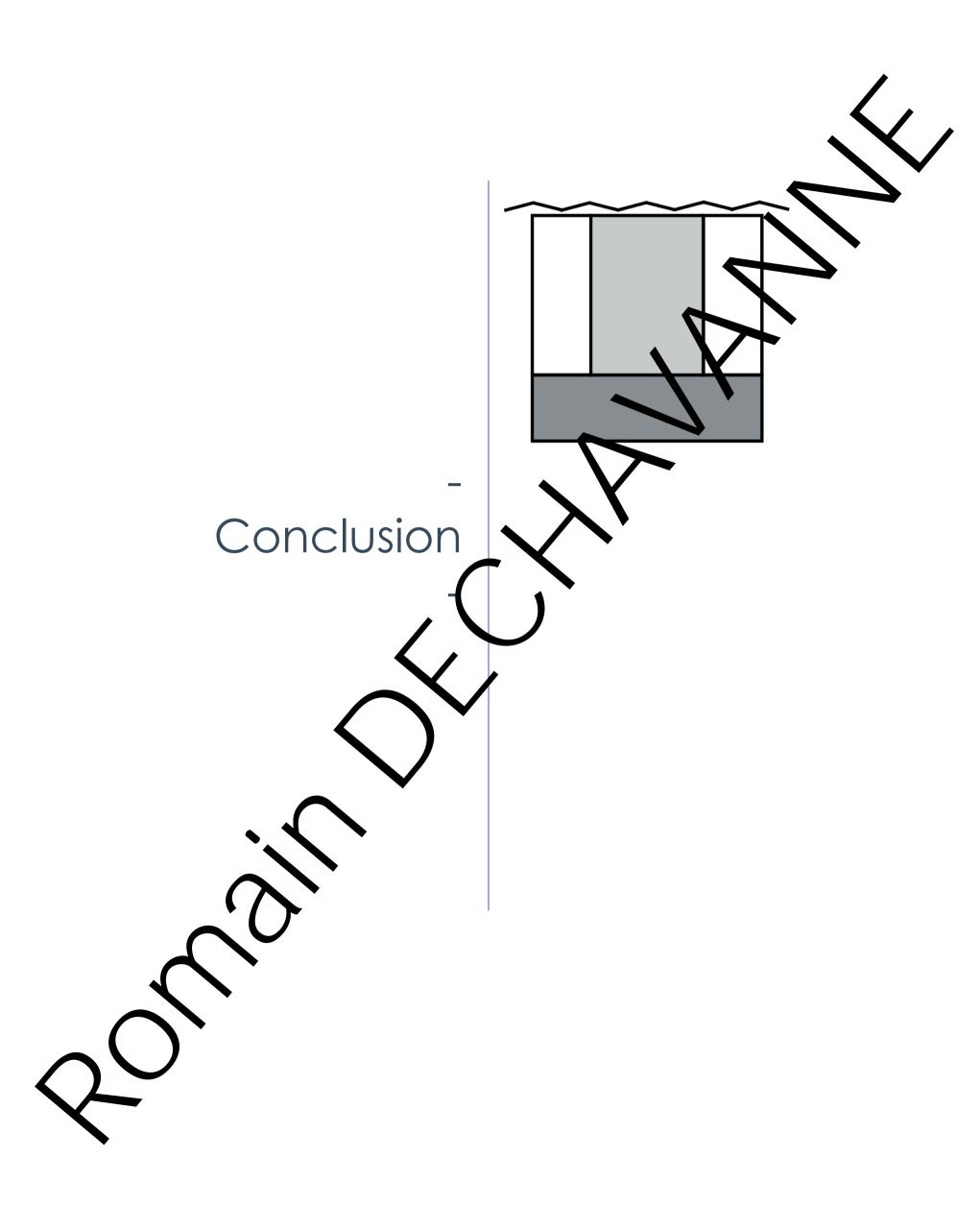
Le bâtiment peut très facilement être transformé en équipement public. Il suffit de démonter la rampe, de démonter le bardage en façade et de le remplacer par une enveloppe similaire à celle des logements. On pourrait ainsi, après quelques travaux supplémentaires de décontamination et d'aménagements intérieurs obtenir un équipement public comme l'école qui est envisagée par la SAGES.

De par sa structure, on peut aussi imaginer un quatrième scénario où les différents scénarios se combineraient, avec par exemple, au rez-de-chaussée et au 1e étage un parking électrique; au 2e et au 3e étage un équipement public; et au 4e et au 5e étage des logements. On pourrait ainsi adapter le projet le plus finement aux besoins futurs.



Étage d'un équipement public à aménager





Conclusion

Cette dernière année a été pleine de péripéties, mais aussi tellement passionnante. J'ai d'abord été dans un groupe qui s'est disloqué et dont le projet (INspi-EXpi) a été laissé à l'arrêt. J'ai dû rapidement reprendre la création d'un nouveau projet en janvier afin de directement atteindre la phase APD pour pouvoir réaliser le workshop d'énergie, d'acoustique et d'économie qui se déroulait à ce moment-là. Cela a été très intense, mais a eu l'avantage de faire avancer très vite le projet et de valider très rapidement certaines positions du projet, notamment sur la production d'énergie et son financement. Cependant, par la suite, d'avoir dû développer un projet aussi vite m'a posé des tas de problèmes notamment de concept, de programme de hiérarchisation et de liens entre les affé rents éléments du projet. J'ai donc 🖎 tout reprendre pour trouver une solution équilibrée. Je regrette de ne pas av assez de temps pour pouvoir pousser plus précisément la notion d'énergie grise bâtiment au niveau local via ses éléments de construction (isolants, badage, panobloc, structure béton) din de connaitre précisément l'impact de chaque décision et ainsi le temps d' monissement nécessaire pour chacune d

Cette année j'ai encore plus pris conscience d'a quel point l'architecture est un jeu permanent entre différents éléments, des contraintes, aux atouts, sans oublier les différentes échelles. Il est donc important de savoir hiérarchiser, prendre des décisions et savoir rester en cohérence. Le plus important n'est donc pas de préndre la meilleure décision possible à instant T pour ne jamais la remettre en

question par la suite, mais capable de prendre celle qui lous semble la meilleure à ce moment-la la faster puis être capable de la remettre en question par la suite si nécessaire Il n'y a pas forcément d'ordre ou de processus à respecter scrupuleusement, il y a bujours une part d'expérimentation de test dans chaque décision. Le plus terris le est que j'ai le sentiment que ton ne peut pratiquement jamais atteindre la perfection, il y a toujours quelque cross même minime que l'on sochaite modifier par la suite (1 heure, 1 mois, Lanaprès avoir fini le projet), parce que l'on évolue en permanence. Chaque cision peut être remise en question en pernanence et ainsi changer le projet que l'on avait si patiemment constitué...

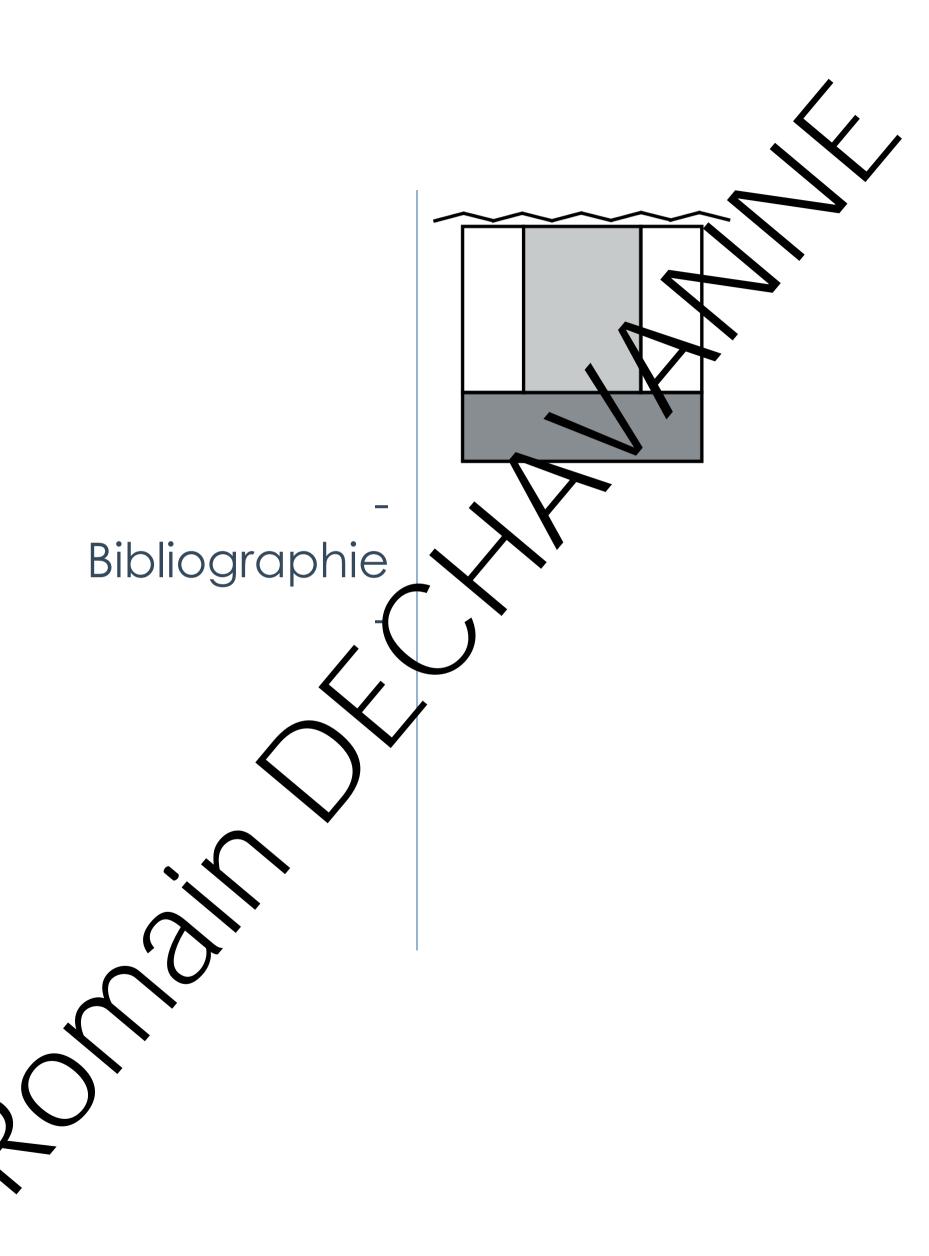
J'ai énormément apprécié cette dernière année, notamment pour son workshop qui m'a beaucoup appris dans divers domaines, dont l'énergie, l'économie et l'acoustique. Depuis que je suis rentrée à l'école d'architecture, c'est la première année où j'ai l'impression de pouvoir enfin connaitre et maîtriser les différents éléments indissociables de la création d'un bâtiment. Ainsi, même si je ne ferai jamais leur métier, au moins, je le comprends et m'y intéresse énormément.

Fort de cette expérience, pour mon futur, je souhaite continuer à acquérir un maximum de savoir-faire et de compétences pour pouvoir un jour réaliser des projets d'architecture étroitement liés au développement soutenable et à l'énergie, de la phase d'esquisse au chantier. Je souhaite constituer des suites au concept du projet Microcosme avec le même principe

de lien étroit entre les logements passifs et la mobilité de leurs habitants.

Mon année d'échange en Allemagne m'a beaucoup apporté. Je sais que désormais je ne veux plus rentrer à la maison. Je veux continuer d'explorer le monde et de travailler à l'étranger avant de me fixer quelque part. Je pense dans un premier temps retourner travailler en Allemagne.





Bibliographie

Livre:

ASSOCIATION NEGAWATT, Manifeste Négawatt, Actes Sud, « Babel », 2015, 384 p.

BIG, Yes is more, Taschen, 2009, 400 p.

BRUNGART, Michale, MCDONOUGH, William. Cradle to Cradle, London, Vintage, 2009, 192 p.

BOULANGER, Vincent, Transition énergétique: comment fait l'Allemagne, Paris, Les petits matins, 2015, 170 p.

ELAIN, Christophe, Un petit coin pour sour lager la planète, Laval, Eauphilane, 2009 288 p.

HENLEY, Simon, BARR, Sue, L'architecture du parking, Ville, Parenthéses, 2007, 256p trad fr. Virginie de Bermond Gettle ÉO. Londres, Thames et Hudson, 2007]

LARONDE, Rémy, Solutions Photovoltaïques dans le bâtiment, s.l., CA ED (Centre d'Assitance Technique et de Documentaton du Batiment), 2009, 124 p.

PFEIFER, Günther Row houses, Bâle, Birkhäuser, « collection », 2008, 112 p.

PFEIFER, Genther, Town houses, Bâle, Birkhäurer, 2008, 112 p.

MFKIN, Jeremy, La troisième révolution industrielle Babel, « les liens qui libèrent », 2013, 411p, trad. Fr. de Françoise et Paul Chemia, [ÉO., New-York, St Martin's press, 2011]. VIARD, Jean, Nouveau portrait de la France : la société des modes de vie, Nouvelles éditions de l'Aube, « l'Aube poshe essai », 2013, 168 p.

Mémoire, Memoile de thèse

BOUYOUE Timothe, HAGER, Hugo, Un nouvel art de vivre, Grenoble, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, juin 2015, 159 p.

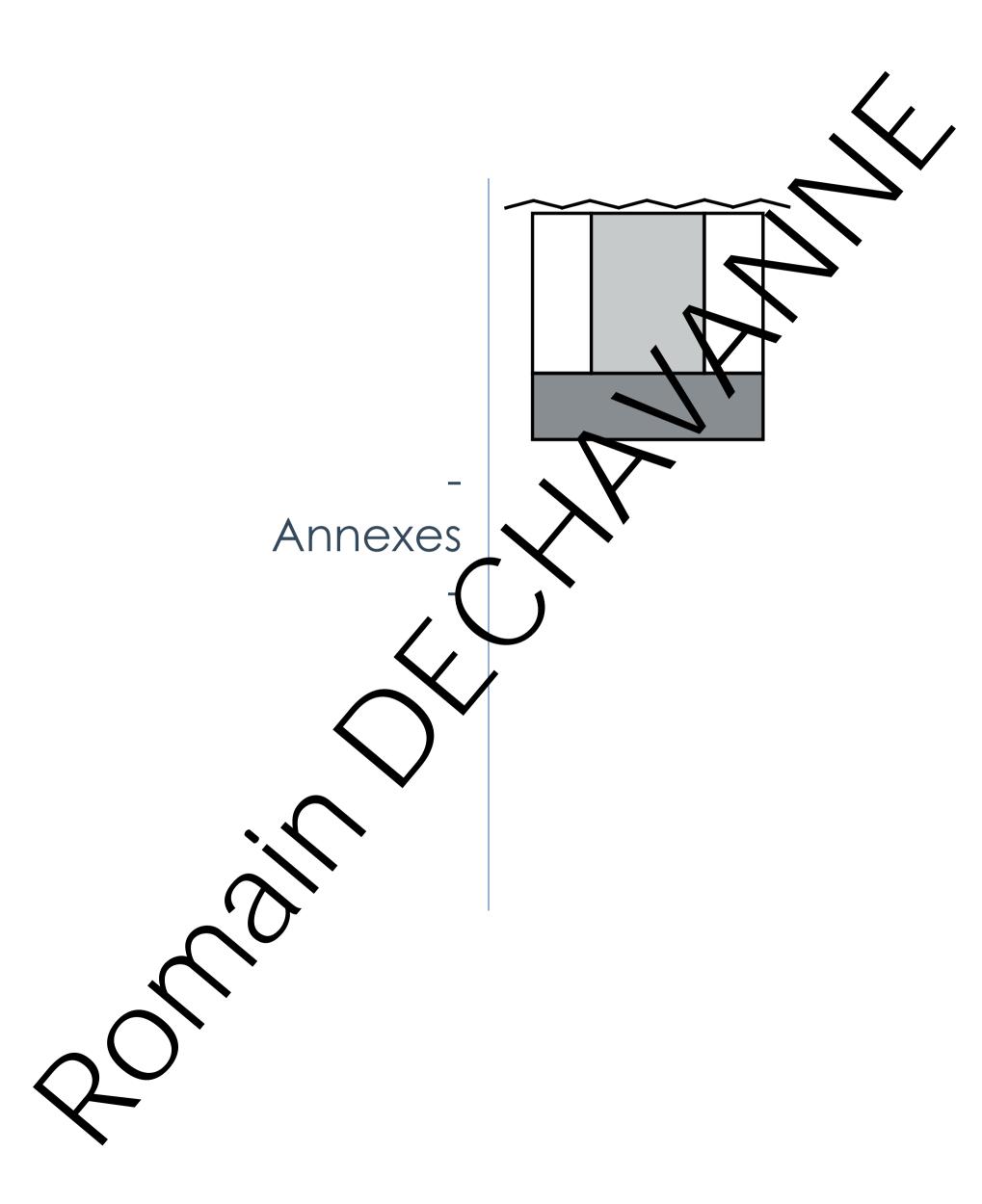
EE AAN Camille, LEYLAVERGNE Elvire, VIRI-CEL Léa, Sous le soleil... exactement, Grencole, Ecole Nationale Supérieure d'Architecture de Grenoble, mai 2010, 321 p.

Vidéos:

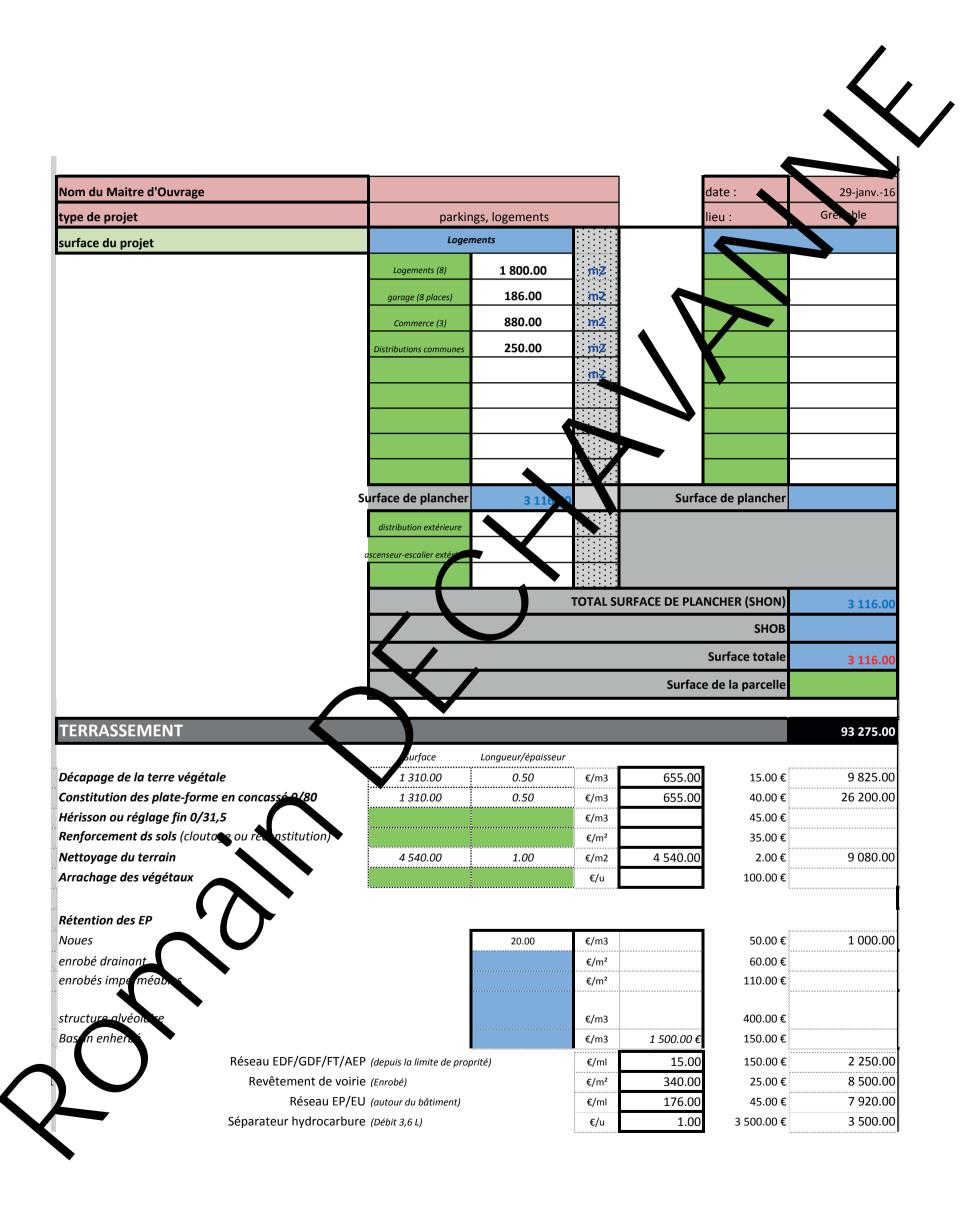
HODGE, Oliver. Garbage Warrior. Wexler Rachel (productrice), 2007, 86 minutes

PAINE, Chris. Who killed the electric car?. Deeter Jessie (producteur), 2006, 92 minutes.

PAINE, Chris, MORGAN, PG. Revenge of the electric car. Durdic Stefano, Morgan PG, Deeter Jessie, Moreau Dana, Kaffko Michelle (producteurs), 2011, 88 minutes

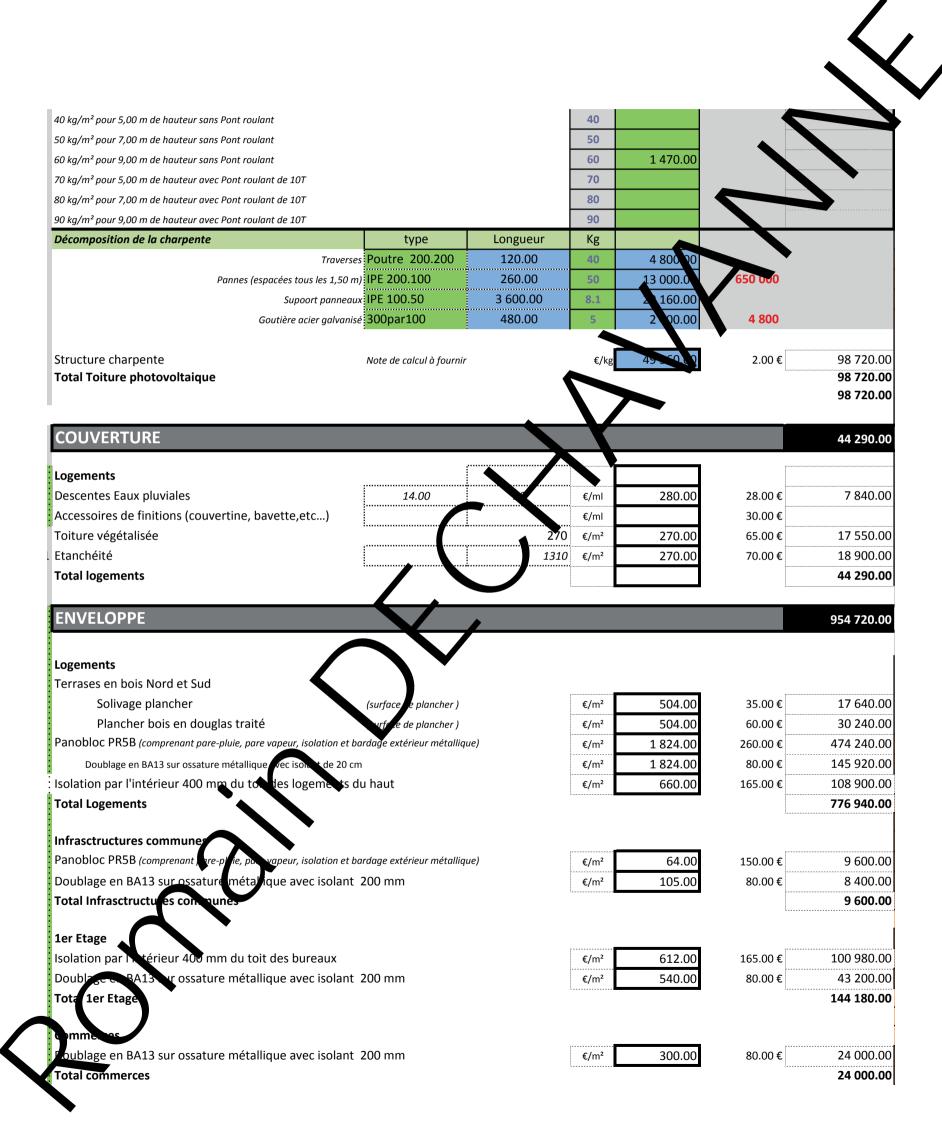


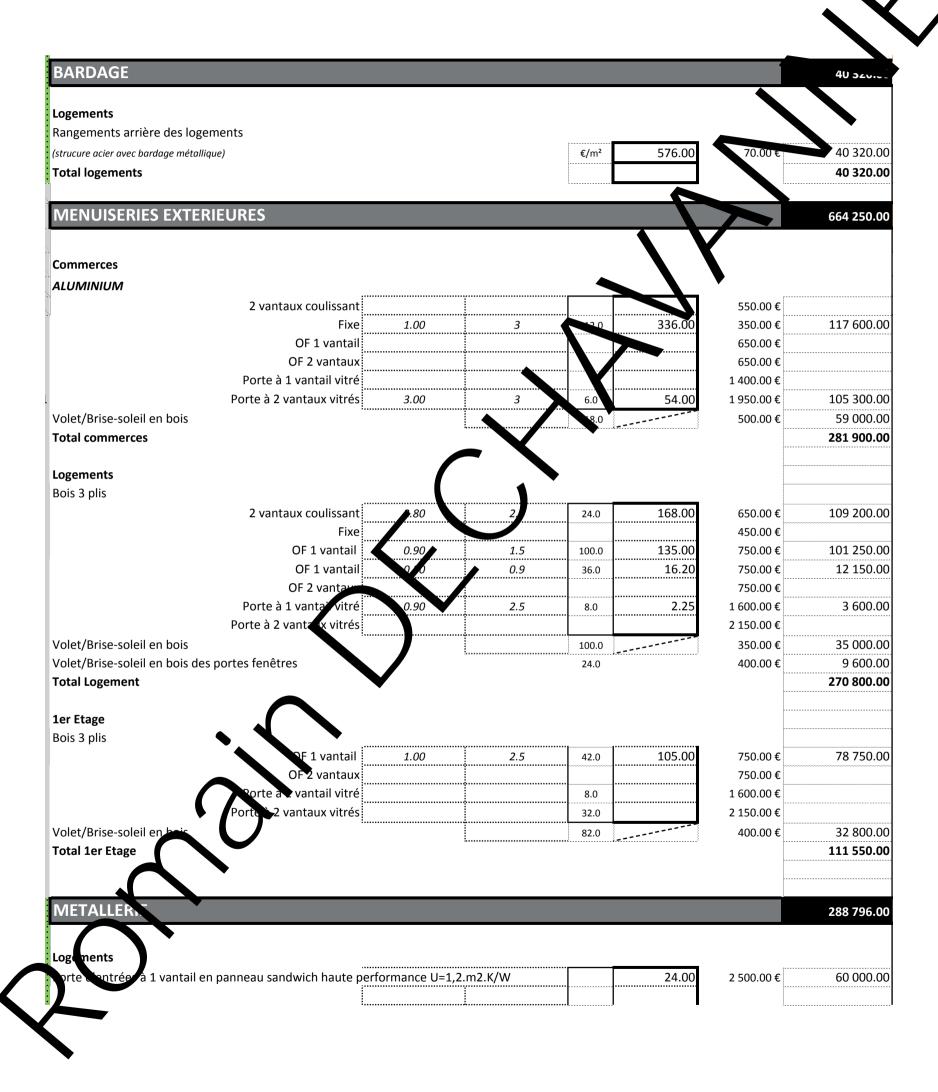
Annexe 1. Econonmie



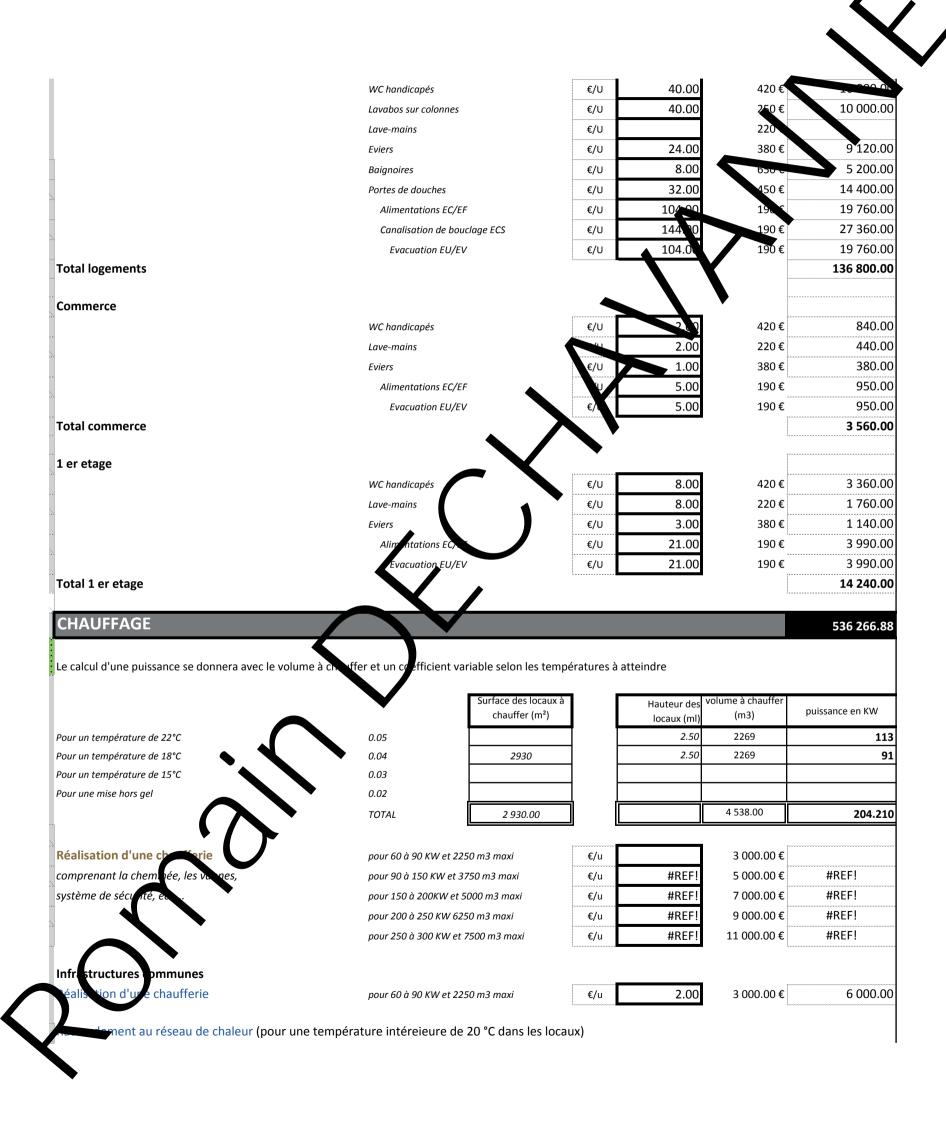
INSTALLATION DE CHANTIER						84 400.
Clôture de chantier	***************************************	290.00	€/ml	290.00	20.00 €	800.0
Bennes de chantier	***************************************	20.00	€/ms	20.00	300.00 €	6 000.0
Panneau de chantier	****	2.00	€/u	2.00	800.00€	1 600.0
Bungalows de chantier (vestiaires, bureaux, ect)	***************************************	600.00	€/j	600.00	20€	4 200.0
VC de chantier	411	600.00	€/j	60	8.00	4 800.0
Grue fixe (frais de transport, d'installation et de contr	rôle)	1.00	€/u	1 0	200€	6 000.0
fonctionnement mens	****	18.00	€/ms	18.00	3 000.00 €	54 000.0
ESPACES VERTS - CLOTURE - PORTAIL			_	$\overline{}$		1 600 /
ESPACES VERTS - CLOTORE - PORTAIL					_	1 680.0
spaces verts et arborés	Arb	res 28.0		28.00	60.00€	1 680.0
						1 680.0
GROS ŒUVRE						1 083 095.0
Maçonnerie	(,			
ondations superficielles en rigoles	comprer int fouilles	80 cm+béton aciers	€/m3	300.00	250.00€	75 000.
Garages		,				
allage sur terre plein	00	181.00	€/m²	181.00	80.00€	14 480.
Poutre et poteaux intermédi.	ires 18 p. saux		€/ml	63.00	110.00€	6 930.
otal Garages						21 410.
commerces			,			
Pallage sur terre plein	40.00	870.00	€/m²	870.00	80.00€	69 600.
Poutre et poteaux in rmédia otal Commerces	ires 58 poteaux		€/ml	203.00	110.00 €	22 330.0 91 930. 0
er Etage						
lancher prédalle	(surf au sol) ou surf d	de plancher	€/m²	1 200.00	150.00 €	180 000.
Pou re et po eaux intermédia	ires 76 poteaux		€/ml	266.00	110.00€	29 260.
Murs en béton : épaisseur 20 ch		54	<i>10</i> €/m²	540.00	110.00€	59 400.
otal 1er Etage						268 660.
ogements				100.00		42.500
lanchers des oursives e béton sur bacacier			€/m²	180.00	75.00 €	13 500.
lancher prédalle	(surf au sol) ou surf (de plancher	€/m²	1 800.00	150.00 €	270 000.
Poutre et poteaux intermédia	ires 160 poteaux		€/ml	480.00	110.00€	52 800.
ota logements						336 300.
			1		}	
frastructures communes	;					

Murs en béton : épaisseur 20 cm			1600	0 €/m²	1 600.00	110.00	
Plancher prédalle		(surf au sol) ou surf de pl	ancher	€/m²	96.00	150,00€	14 400.0
Escalier béton	ľ	120.00	1.20	€/ml	144.00	350.00 3	50 400.0
Cage d'ascenseur Mur et fo	osse	16.00	18.00	€/m²	288.00	120.00 €	34 560.0
F	Radier	4.00	2.00	€/m²	8.00	70.00	560.
otal Infrastructures communes					_		289 795.
	_						
CHARPENTE METALLIQUE					\leftarrow		293 120.0
Logements							
Coursives				2.00	Com Dât		
Le poids d'un bâtiment varie selon sa hauteur et so	on ame	nagement interieur		2.00 €	Surt. <mark>3ât.</mark>	ļ	
10 kg/m² pour 5,00 m de hauteur sans Pont roulant			4	40			
50 kg/m² pour 7,00 m de hauteur sans Pont roulant			•				
50 kg/m² pour 9,00 m de hauteur sans Pont roulant				60	300.00	18 000	36 000.
70 kg/m² pour 5,00 m de hauteur avec Pont roulant de 10T							
30 kg/m² pour 7,00 m de hauteur avec Pont roulant de 10T				8			
00 kg/m² pour 9,00 m de hauteur avec Pont roulant de 10T				90 🗸			
Décomposition de la charpente		type	ngv zur	Kg			
Poteaux str	ructures	Poteau métal 200	150 90	50	7 800.00	390 000	
Tr	raverses	Poutre treilis 200.2	104.00	50	5 200.00	260 000	
	Pannes	UPN 430.10	15 00	64	9 600.00	614 400	
Pannes mu	uraillère	UPN 430.100	12(.00	54	6 480.00	349 920	
Structure charpente	1	te de calcula fournir		€/kg	29 080.00	2.00 €	58 160.
Total Coursives			•	•			94 160.
Terrases		\ \					
Le poids d'un bâtiment varie selon sa hauteur à so	on amé	nagement intérieur		2.00€	Surf. Bât.		
10 kg/m² pour 5,00 m de hauteur sans Pont roulant				40			
50 kg/m² pour 7,00 m de hauteur sans Pont roulant				50			
50 kg/m² pour 9,00 m de hauteur sans Pont roulant		V		60	300.00		
70 kg/m² pour 5,00 m de hauteur avec Pont roula it de 10.				70	300.00	}	
80 kg/m² pour 7,00 m de hauteur avec Pont rota et de 10T	•			80			
00 kg/m² pour 9,00 m de hauteur avec Pole roulant e 10T		ti un o	Longueur	90			
Décomposition de la charpente	Ļ	type	Longueur	Kg	45.600.00		
		Poteau métal 200	312.00	50	15 600.00		
·		Poutre 200.200	208.00	50	10 400.00		
		UPN 430.100	225.00	64	14 400.00	921 600	
Pannes mu	uraillère	UPN 430.100	180.00	54	9 720.00		
~ '						ş	
Structure corpente		Note de calcul à fournir		€/kg	50 120.00	2.00 €	100 240.
Total Terrases							100 240.
Total Logermots							194 400.0
()							
oiture pnotovoltaique							





				ı		
Escalier métallique extérieur avec garde-corps à barrea	u <i>56.00</i>	0.80	€/ml	44.80	370,00 €	16 576.00
Escalier métallique avec garde-corps à barreaudage et r		0.80	 €/ml	89.60	450.00	10 320.0
Garde-corps métallique à barreaudage à l'intérieur des	logements	-	€/ml	20.00	190.00 €	3 800.0
Garde-corps métallique en tôle ajouré à l'extérieur des	logements (coursiv	res)	€/ml	240.00	190.00	45 600.0
Garde-corps métallique en tôle ajouré à l'extérieur des	logements (terrase	es)		220.00	1 0.00 €	41 800.00
Garde-corps (coursives au 2ème étage	2)		€/ml	80.00	50.6 €	4 000.00
Total logements				. \	/	212 096.00
Infrasctructures communes						
Porte à 2 vantaux CF 1h (entrée sur rue)				2.00	▼ 1 900.00 €	3 800.00
Porte à 2 vantaux CF 1h (entrée sur jardin)				2. 0	1 900.00 €	3 800.00
Porte à 1 vantail CF 1h (distribution commune)				5.00	1 500.00 €	7 500.0
Porte à 2 vantaux CF 1h (distribution)				6.00	1 900.00 €	7 600.00
Ascenseurs	Cabines	600kg	/U	2.00	12 000.00 €	24 000.00
	Portes et équipemets	d'étage	€⟩	10.00	3 000.00 €	30 000.00
Total Infrastructures communes						76 700.00
AMENAGEMENTS INTERIEURES						238 464.00
Logements	(· [
Cloisons de distributio	on Epaisseur 72/48		€/m²	1 360.00	36.00 €	48 960.0
Cloisons séparative SA			€/m²	600.00	115.00 €	69 000.0
Plafond plaque de plâtre BA1			€/m²		42.00€	
Plafond plaque de plâtre BA1			€/m²	5 720 00	55.00 €	F7 200 0
		s chisons + FPlafond)	€/m² €/m²	5 720.00	10.00 €	57 200.0
Parquet massif et carrelage dans les salles d'aut	ux (so, ce de pla she		€/111" €/m²		55.00 € 50.00 €	
	on (compter l'unité)		€/111 €/u	92.00	350.00 €	32 200.00
	ut qualité environ	nemental		207 360.00	15%	238 464.00
Total logements	RT2012					238 464.00
			}			
Les prestations selon le niveau de perforhance sont les						
valité Bb. ou RT2012	? : Doublage demi-styl L					
		ole de 300 mm avec PV	indépendant			
	Cloisons avec isolant		no avec DV in d in d	n dont		
	ai. Doublage aemi-styl Lo			naant		
haute qualité environnement	if) Blafand isolá an samh					
	f) Plafond isolé en comb		таеренаат			
	Cloisons avec isolant	laine minérale				
Le choix des préstations intérieures est aussi à choisir e	Cloisons avec isolant	laine minérale			-	154.600.00
Aveau HQE, Passif, positi	Cloisons avec isolant	laine minérale				154 600.00
Le choix des préstations intérieures est aussi à choisir e	Cloisons avec isolant	laine minérale				154 600.00
Le choix des prestations intérieures est aussi à choisir est PLOMPSRIE ANITAIRE	Cloisons avec isolant	laine minérale				154 600.00
Le choix des préstations intérieures est aussi à choisir e	Cloisons avec isolant	laine minérale		32.00	450€	154 600.00 14 400.00



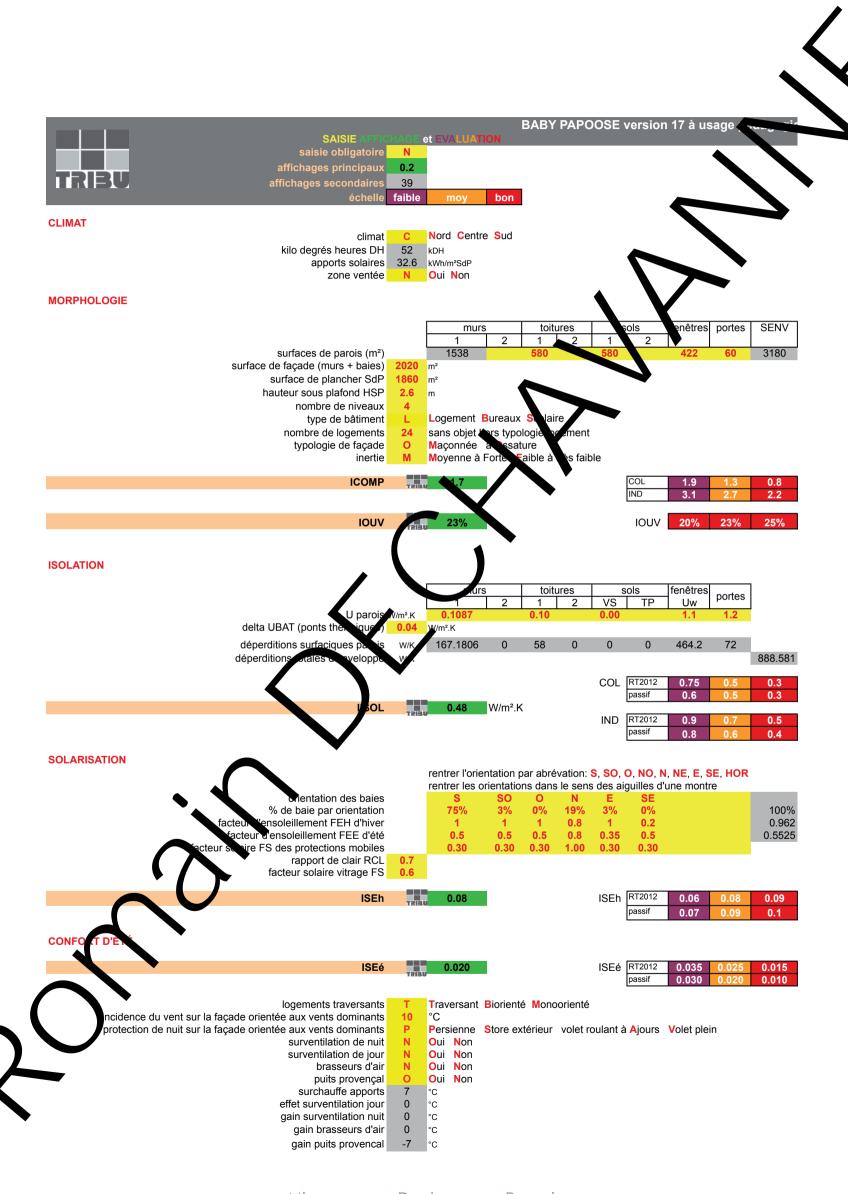
	€/m² €/m²	1 980.00	90.00 € 40.00 € 60.00 €	178 200.00
		1 980.00	\ 	178 200.00
	€/m²	1 980.00	90.00€	178 200.00
	€/m²		50.00€	
		1 800.00	\ 	162 000.00
	E/m²	1 800 00	00.00.6	
ovoltaïques)				1 560 673.0
			<u> </u>	126 715.00
1	€/m²	1 100.00	50.00 €	55 000.00
		1 100	15%	5 715.00
1 100	€/m²	1 100	60.00€	66 000.0
			ş	
	·····			102 515.00
	€/m²	880.00	50.00 €	44 000.0
				5 715.0
880	£/m²	880	60.00.€	52 800.00
			h	19 200.0
	€/u	8.00	1 500.00 €	12 000.0
X	€/m²	180.00	40.00€	7 200.00
	6 lm2			
				229 715.00
	m²	1 800.00	50.00€	90 000.00
		1 800	13%	
1 000	€/ጠ*	1 800		5 715.00
		40	}	26 000.00 108 000.00
		102	\	26,000,00
204		102	450.00.6	
		. \	>	
				58 121.8
		4.00	2 € 0.00 €	8 000.00
	€/u	4.00	800.00	3 200.00
	€/u	4.00	3 276.00 €	13 104.00
	€/u	4.00	4 129.47	16 517.8
	€/u	4.00	325,00 €	1 300.0
		€/u €/u €/u €/u 1 800 €/u 1 800 €/m² €/m² €/m² €/m² €/m² €/m² €/m²	E/u 4.00 E/u 4.00 E/u 4.00 E/u 4.00 E/u 4.00 E/u 4.00 A.00 E/u 4.00 A.00 A.00 E/u 40 1 800 E/m² 1 800 E/m² 1 800.00 E/m² 1 100.00 E/m² 1 100 E/m² 1 100 E/m² 1 100 E/m² 1 100 A 1 100 E/m² 1 100.00	E/u 4.00 4129.47 E/u 4.00 325.00 € E/u 4.00 3276.00 € E/u 4.00 300.00 € E/u 4.00 2 0.000 € 1 800 6/m² 1 800 15% E/m² 1 800.00 1500.00 € E/m² 1 800 15% E/m² 1 800.00 50.00 € 1 100 6/m² 880 60.00 € 1 100 6/m² 1 100 60.00 € 1 100 6/m² 1 100 60.00 € 1 100 6/m² 1 100 50.00 €

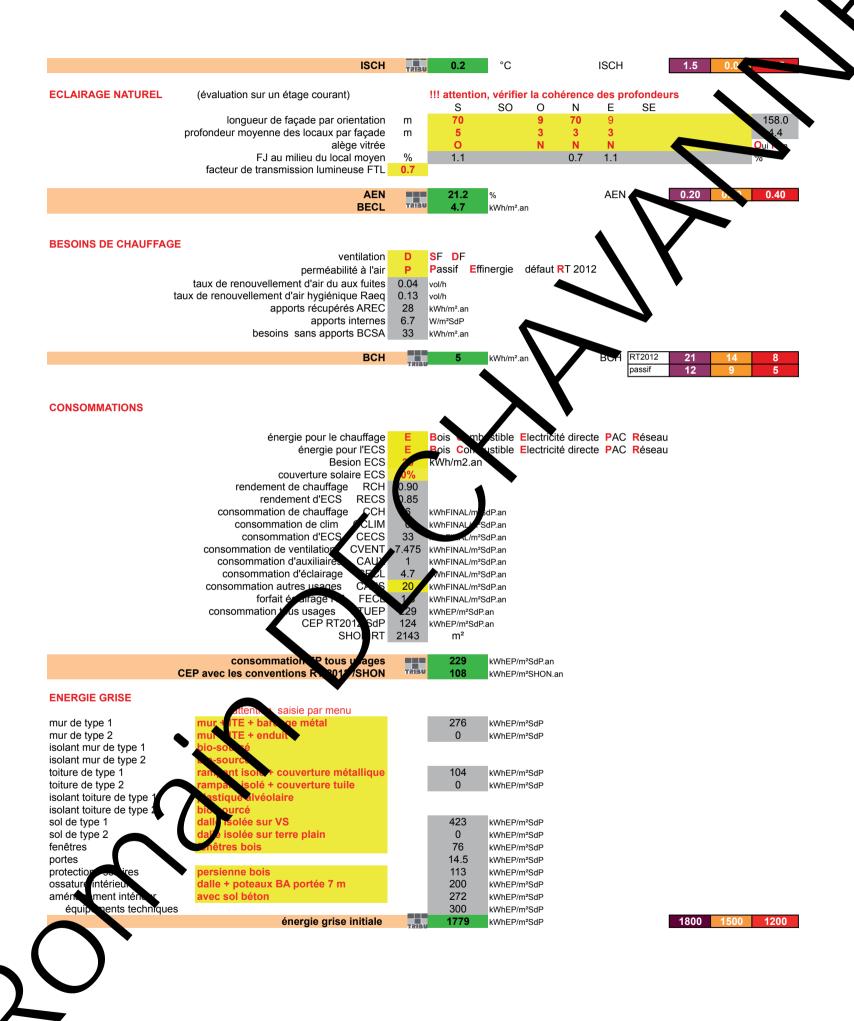
ogements					
ourant Fort			22.22		20,000,0
ableau électrique (TGBT)	Mise ax normes et protection complémentaires		28.00	1 000.00	8 000.0
limentation volets roulants ou autres	volets/bris soleil	. €/u	124.00	90.00€	11 160.0
limentation diverses		. €/u		150.00	16,000
lise à la terre		€/u	28.00	€ 9.00 €	16 800.0
rises 16A		. €/u	504-00	65.0	32 760.0
rises 20A		. €/u	84 00	72.00€	6 048.0
rises 32A		. €/u	28.0	120.00 €	3 360.0
épose et repose des coffrets de Prises		. €/u	616.00	150.00 €	92 400.0
nterrupteurs Simple Alumage		€/u	. 94.00	45.00 €	4 680.0
nterrupteurs Va et Vient		€/u	23. 00	70.00 €	16 240.0
oup de poing d'URGENCE		€/u		450.00 €	
hemin de câble pour forces motrices				60.00€	
ourant Faible					
ystème de sécurité incendie		\mathbf{X}_{-}			
Centrale incendie		€/u		1 980.00 €	
Détecteur automatique de fumée			28.00	90.00€	2 520.0
Détecteur automatique de chaleur		€/u		270.00 €	
Déclencheur manue		€/u		295.00 €	
Sonnerie d'alarme l	J	€/u		260.00 €	
Signal lumineux d'alarme		€/u		230.00 €	
Report d'alarme incendie		€/u		230.00 €	
Etiquettage		€/u		90.00€	
Câblages, fileries		€/u		800.00€	
éléphonie		K		\$	
Tableau de réseau interieu	r	€/u	28.00	720.00 €	20 160.
Fourreaux pour réseau (térieur		€/u	28.00	135.00 €	3 780.
Fourreaux aliment sion	1	€/u	28.00	90.00€	2 520.
Câble téléphon				}	
10 PAIRES		€/ml	150.00	8.00 €	1 200.
Informacique RJ 4	5	€/u	56.00	45.00 €	2 520.
Câple 4 paire cat (- 	€/ml	400.00	9.00 €	3 600.0
Terrainformatique		€/u	28.00	270.00 €	7 560.
otal logements	·				255 308.
nfrasctructures communes					
ourant Fort			2.22		2 000
ableau électrique / GBT,	Mise ax normes et protection complémentaires		2.00	1 000.00 €	2 000.
uminaires Atelier yn par étage 't aussi l'entrée)		. €/u	86.00	90.00€	7 740.0
clairage de s cours	BAES 60 lumens	. €/u	14.00	180.00 €	2 520.
	BAES 45 lumens	€/u		110.00 €	
étecte le présince		€/u	10.00	105.00 €	1 050.
	•	01	10.00	72.00 €	720.
rises 20A épi se et repose des coffrets de Prises		€/u	10.00	72.00 €	720.

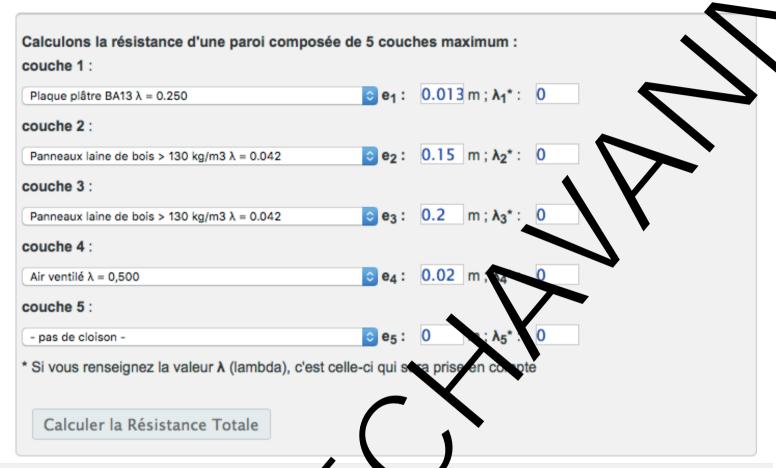
Garages					
Courant Fort	2	•			
Tableau électrique (TGBT)	Mise ax normes et protection complémentaires	€/u	1.00	1 000.00	1 000.0
Mise à la terre		€/u	1.00	600.00€	600.0
Prises 32A		€/u	18.00	120.00 €	960.0
Dépose et repose des coffrets de Prises		€/u	18.00	€ 0.00	18 900.0
Chargeurs voitures électriques		€/u	200	2 500.⊍ €	20 000.0
nterrupteurs Simple Alumage		€/u	10 00	45.00 €	450.0
clairage de secours	BAES 60 lumens	€/u	2.0	180.00 €	360.0
	BAES 45 lumens	€/u	\mathbf{A}	110.00 €	
Courant Faible		,		hannanana	
Centrale incendie		€/u	.00	1 980.00 €	1 980.0
Détecteur automatique de fumée		€/u	20	90.00 €	900.0
Détecteur automatique de chaleur			4.00	270.00 €	1 080.0
Déclencheur manuel		€/u	2.00	295.00 €	590.0
Sonnerie d'alarme U			1.00	260.00 €	260.0
Signal lumineux d'alarme		€λ	2.00	230.00 €	460.0
Report d'alarme incendie		€/uV	2.00	230.00 €	460.0
Etiquettage		e/u	2.00	90.00€	180.0
Câblages, fileries		€/u	1.00	800.00 €	800.0
otal Garages					48 980.0
Courant Fort Tableau électrique (TGBT)	M se ax normes et protection complémentaires	€/u	3.00	1 000.00 €	3 000.0
Mise à la terre		€/u	3.00	600.00 €	1 800.0
luminaires Atelier		€/u	120.00	90.00€	10 800.0
Blocs 6PC-2RJ45		€/u	6.00	250.00 €	1 500.0
Blocs 3PC-1RJ45		€/u	12.00	110.00 €	1 320.0
Dépose et repose des coffrets de Prises		€/u	18.00	150.00 €	2 700.0
Courant Faible	•				
Système de sécurité incendie	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	· · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	2.22		
centrale in rendie		€/u	3.00	1 980.00 €	5 940.0
Détecteur automotique de fumée	ļ	€/u	3.00	90.00 €	270.0
Détecteur aut matique de chaleur		€/u	3.00	270.00 €	810.0
Déc ncheur manuel	<u> </u>	€/u	6.00	295.00 €	1 770.0
Sonnerie d'alarme U		€/u	6.00	260.00 €	1 560.0
Signal lumineux d'alarme		€/u	6.00	230.00 €	1 380.0
ort d'alarme incendie		€/u	3.00	230.00 €	690.0
Etiquettage		€/u	6.00	90.00€	540.0
Câblages, fileries		€/u	3.00	800.00€	2 400.0
	·				
		€/u	3.00	720.00 €	2 160.0
Tábleau de réseau intérieur					
Tableau de réseau intérieur Fourreaux pour réseau intérieur		€/u	3.00	135.00 €	
Tableau de réseau intérieur Fourreaux pour réseau intérieur Fourreaux alimentation			3.00 3.00	135.00 € 90.00 €	405.0 270.0
Tableau de réseau intérieur Fourreaux pour réseau intérieur		€/u			

Informatique RJ 45		€/u	20.00	45.00€	900.00
Câble 4 paires cat 6		€/ml	160.00	9.00 €	1 44. 0
Terre informatique		€/u	3.00	270.00 €	810.0
Total Commerce				_	43 25.00
1er Etage					
Courant Fort			1.00		000.00
Tableau électrique (TGBT)	Mise ax normes et protection complémentaires	€/u	4.00	1 000.00 €	000.00
Mise à la terre		€/u	4.00	€00.00€	2 400.00
Luminaires Atelier		€/u	160.00	90.00€	14 400.00
Blocs 6PC-2RJ45		€/u	16.00	25. 90 €	4 000.00
Blocs 3PC-1RJ45 Dépose et repose des coffrets de Prises		€/u €/u	40.10	110.00	2 640.00 6 000.00
Depose et repose des contets de Prises	<u> </u>	€/u	40.00	1500€	0 000.00
Courant Faible			\ X		
Système de sécurité incendie					
Centrale incendie		€/u	00	1 980.00 €	7 920.00
Détecteur automatique de fumée		€/u	4.00	90.00€	360.00
Détecteur automatique de chaleur		€/u		270.00 €	
Déclencheur manuel	<u> </u>	€/u	4.00	295.00 €	1 180.00
Sonnerie d'alarme U		V	4.00	260.00 €	1 040.00
Signal lumineux d'alarme		€/\	4.00	230.00 €	920.00
Report d'alarme incendie		€/u	4.00	230.00 €	920.00
Etiquettage		€/u	4.00	90.00€	360.00
Câblages, fileries		€/u	4.00	800.00€	3 200.00
<u>Téléphonie</u>	;	,		1	
Tableau de réseau intérieur		€/u	4.00	720.00 €	2 880.00
Fourreaux pour réseau intérieur		€/u	4.00	135.00 €	540.00
Fourreaux alimentation	;	€/u	4.00	90.00 €	360.00
Câble téléphone				·	
10 PA NES		€/ml	120.00	8.00 €	960.00
Informatic de RJ 45	;	€/u	80.00	45.00 €	3 600.00
Câble 4 pan c cat 6		€/ml	160.00	9.00 €	1 440.00
Terre information e		€/u	3.00	270.00 €	810.00
Total 1er Etage	V				59 930.00
Toiture photovoltaïque	Surface	wc			
Panneau photovoltaique (fournitures, carles, suports, pose)	560	162.5	91 000.00	3.50 €	318 500.00
Panneau photovoltaique beven Vournitues, cables, supports		162.5	117 000.00	7.00 €	819 000.00
Total Toiture photovoltal ue	720	102.5	117 000.00	7.00	1 137 500.00
MONTANT DESCRIVATION LOGEMENTS	(terrases Nord/Sud et coursives des logements c	comprises)			2 735 433.00
MONTANT DES TRAVIUX HT : COMMERCES					547 330.00
MONTANT DESTRAVAUX HT : 1ER ETAGE MONTANT DESTRAVAUX HT : GARAGES					725 275.00
MONTATE DES TO AVAUX HT : GARAGES MONTANT DES TRAVAUX HT : TOITURE PHOTOVOLTAIC	OHE				89 590.00 1 236 220.00
MC YTANT DE TRAVAUX HT : TOTTORE PHOTOVOLIAN MC YTANT DES TRAVAUX HT : INFRASTRUCTURES COM		rassamant	le chantier et les distr	ibutions)	725 821.88
THE PERSON III . HAT MASTROCTORES CONT.	(ce lot copiliprena le ter	i usseineiil,	ic changer et les uistl	ioutions)	, 23 021.00
PRES REPARTITION PAR LOTS		MON'	TANT HT/m2		
NT DES TRAVAUX HT : LOGEMENTS		18	899.61683		3 419 310.29
ONTANT DES TRAVAUX HT : COMMERCES		139	99.099197		1 231 207.29
ONTANT DES TRAVAUX HT : 1ER ETAGE		11	74.293578		1 409 152.29
MONTANT D	ES TRAVAUX HT			6.0	35 949.88 €

Annexe 2. Simulation énergétique







La résistance thermique totale R est égale à : 8.6 n².K.W⁻¹

La déperdition thermique U est égale à : 0.1163 k m-2 X-1

En négligeant les ponts thermiques, la déposition de la paroi est de 0.1163 W par m² et par degré de différence entre l'extérieure et l'intérieure.

* Le calcul prend en compte les couche d'air qui se orment des 2 cotés de la paroi.

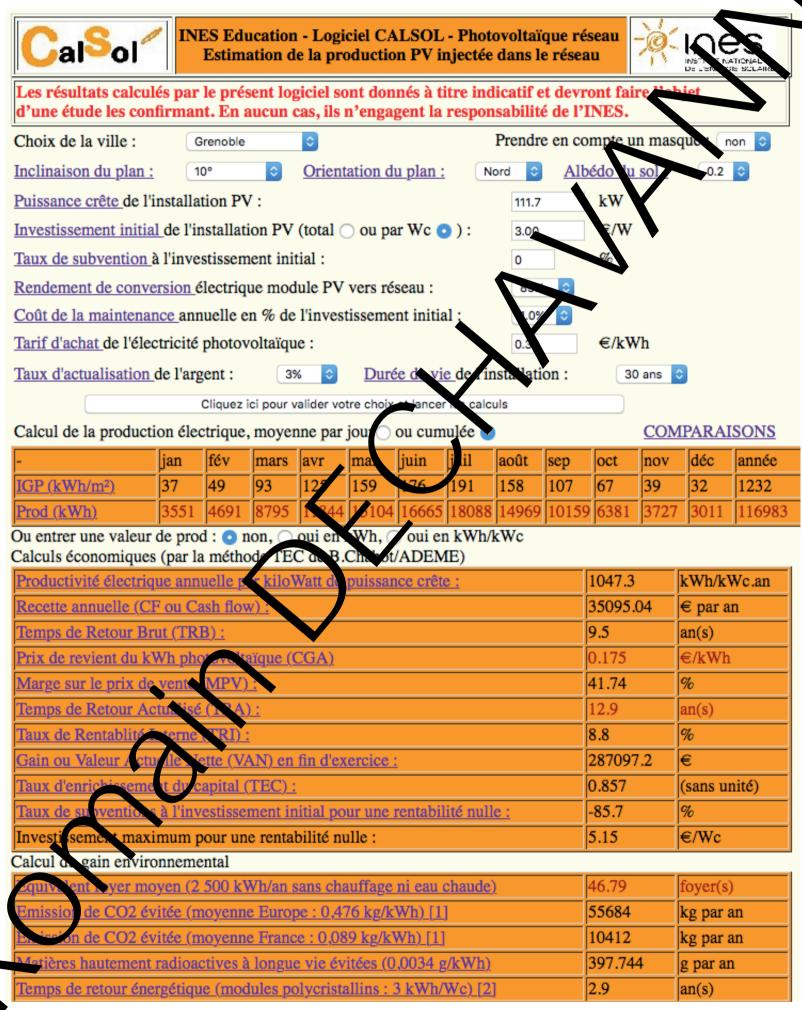
source: http://calculis.net/resistance/thermique



Production énergétique théorique de la toiture en position horizontale



Production énergétique de la toiture avec une orientation à 10° au sud (solution choi-



Production énergétique de la toiture avec une orientation à 10° au nord (solution

choisie)

Annexe 3. Stratégie thermique



Stratégie d'hiver:

Capter les rayons du seleil grâce à de larges ouvertures du sul et stocker la chaleur la journée dans les dalles et la chape. Avoir une bonne isolation

Stratégie d'été:

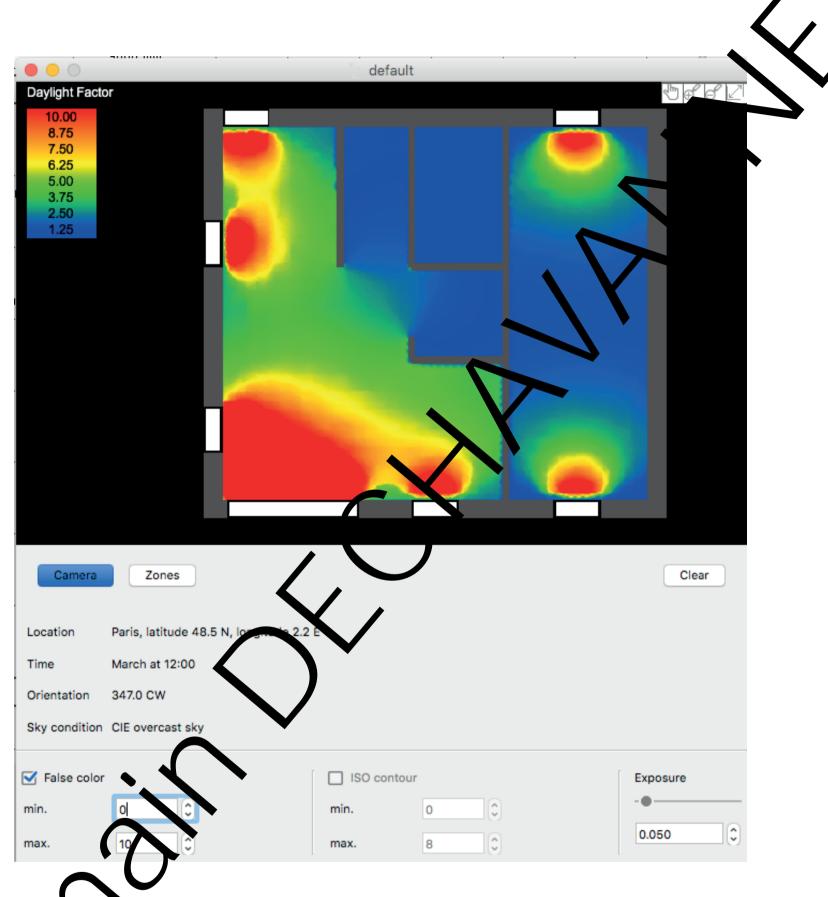
Protéger le bâtiment, ses façades et ses fenêtres des rayons du soleil durant la journée grâce au ciel photovoltaiques et aux volets coulissant pliants.

Stocker la fraicheur par inertie dans les dalles et la chape.

Avoir une bonne isolation.

Ventiler de manière traversante la nuit.

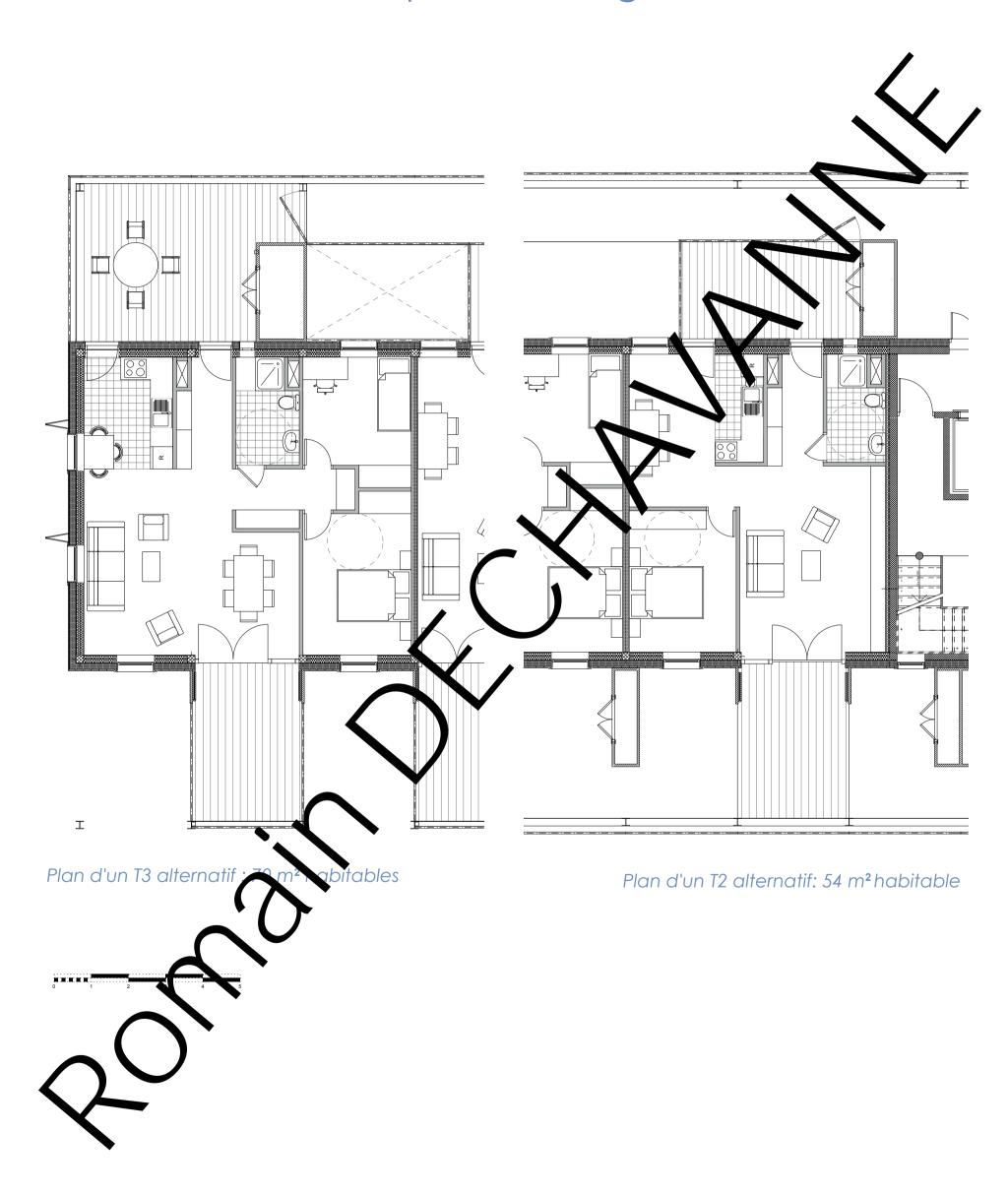
Annexe 4. Facteur lumière du jour d'un T3

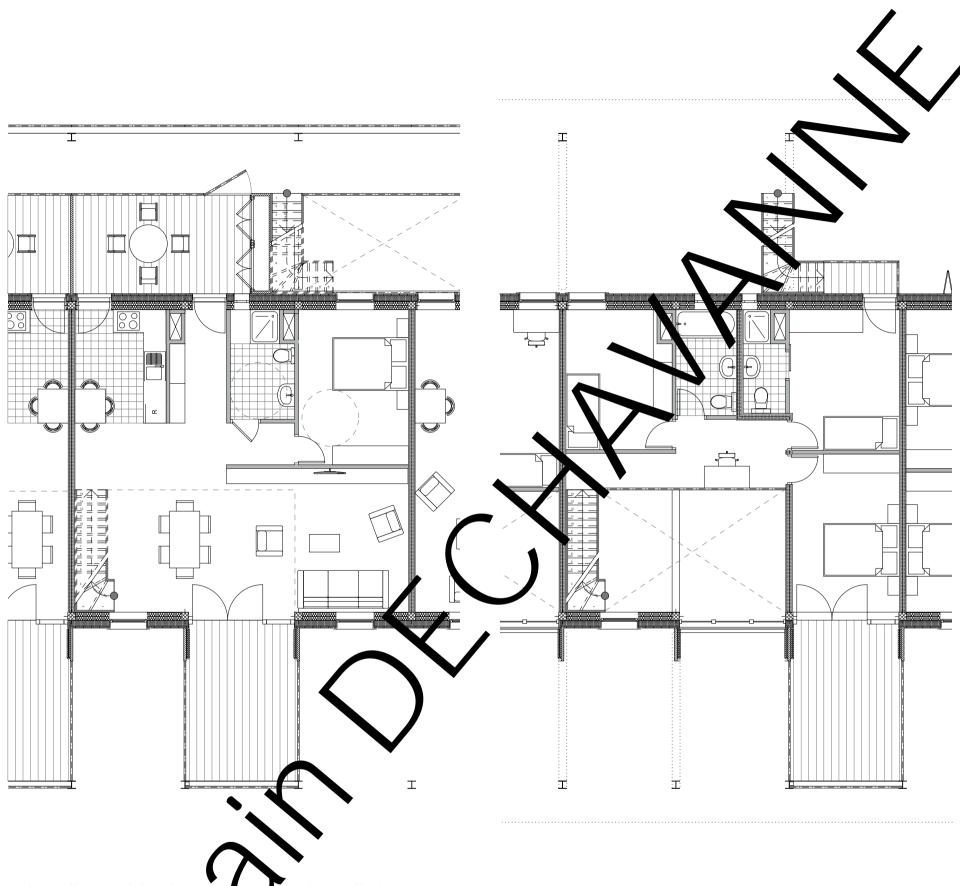


À l'aide du logisiel de simulation Velux, on observe que les pièces communes (salon, salle à manger et cuisine) des T3 bénéficient dun ban facteur de lumière du jour, soperieur à 2. Dans cette simulation, on néglise la toiture qui n'a pas d'influence sur es T3 et T2 qui sont situés au 2e et 3e étage. Les T4 et T5 devraient aussi bénéficier d'un bon facteur de lumière du jour

grâce à leur double hauteur au niveau des salons et des séjours.

Annexe 5. Autres plans de logements





Plan d'un T5 bis alternati : 120 m² habitables

