



# Analyse comparative des aspects énergétiques de quartiers urbains et ruraux

## ETUDE DE CAS DANS LE CANTON DE NEUCHÂTEL

### Rapport final

Elaboré par

**Planair SA**, <http://www.planair.ch>

**Lionel Perret**

Crêt 108a, 2314 La Sagne, [lionel.perret@planair.ch](mailto:lionel.perret@planair.ch),

**René Vuilleumier**

Crêt 108a, 2314 La Sagne, [rene.vuilleumier@planair.ch](mailto:rene.vuilleumier@planair.ch)

**Pierre Bonhôte**

Crêt 108a, 2314 La Sagne, [pierre.bonhote@planair.ch](mailto:pierre.bonhote@planair.ch)

**Bauart Architectes et Urbanistes SA**, <http://www.bauart.ch>

**Emmanuel Rey**

Espace de l'Europe 3a, CH-2002 Neuchâtel, [rey@bauart.ch](mailto:rey@bauart.ch),

## **Impressum**

Date : 23 novembre 2007

**Sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie**, programme de recherche 101

Mühlestrasse 4, CH - 3063 Ittigen

Adresse postale : CH - 3003 Berne

[www.bfe.admin.ch](http://www.bfe.admin.ch)

Source d'acquisition de cette publication : [www.recherche-energetique.ch](http://www.recherche-energetique.ch)

Le ou les auteurs sont seuls responsables du contenu et des conclusions de ce rapport.

## Table des matières

Table des matières .....	1
Résumé .....	3
Abstract .....	4
Zusammenfassung .....	5
1. Situation de départ .....	6
1.1. Contexte national .....	6
1.2. Contexte méthodologique .....	6
2. But du travail .....	8
2.1. Une étude de cas concrète .....	8
2.2. Une discussion des résultats en regard de la littérature nationale et internationale .....	8
2.3. Une analyse de la variable centralité à l'échelle d'un quartier .....	9
2.4. Une vision à l'horizon 2035 .....	9
3. Méthode utilisée .....	10
3.1. Choix de l'échantillon .....	10
3.1.1. Critères .....	10
3.1.2. Quartiers sélectionnés .....	11
3.1.3. Typologies des quartiers retenus .....	12
3.2. Les limites du système .....	13
3.2.1. Limites pour l'énergie d'investissement .....	13
3.2.2. Limites pour l'énergie de fonctionnement .....	13
3.2.3. Limites pour la mobilité .....	14
3.3. Récolte des données .....	14
3.3.1. Questionnaire aux habitants .....	14
3.3.2. Questionnaire aux gérances immobilières .....	15
3.3.3. Questionnaire aux architectes .....	15
3.3.4. Retour des questionnaires .....	15
3.4. Méthode de calcul pour les résultats .....	16
3.4.1. Hypothèses pour l'énergie d'investissement .....	16
3.4.2. Hypothèses pour l'énergie de fonctionnement .....	16
3.4.3. Hypothèses pour la mobilité .....	17
4. Résultats .....	19
4.1. Energie d'investissement .....	19
4.1.1. Impact d'investissement global .....	19
4.1.2. Impact d'investissement par année .....	20
4.2. Energie de fonctionnement du Quartier .....	20
4.2.1. Energie pour le fonctionnement direct du quartier .....	20
4.2.2. Energie pour le fonctionnement indirect du quartier .....	22
4.2.3. Bilan pour l'énergie pour le fonctionnement du quartier .....	23
4.3. Energie liée à la mobilité .....	23

4.3.1. Pondération des moyens de transport .....	23
4.3.2. Résultats pour la mobilité imputés au quartier .....	24
4.3.3. Résultats pour la mobilité globale .....	25
4.4. Ecobilan des quartiers .....	26
4.4.1. Ecobilan par habitant avec la mobilité imputée au quartier.....	26
4.4.2. Ecobilan par habitant avec la mobilité imputée au quartier.....	28
4.4.3. Ecobilan par ménage.....	30
4.4.4. Ecobilan par mètre carré .....	32
5. Discussion .....	35
5.1. Discussion des résultats .....	35
5.1.1. Discussion des données pour l'énergie d'investissement.....	35
5.2. Analyse fine de la variable centralité .....	40
5.2.1. Ecobilan en fonction de la centralité.....	40
5.2.3. Le rôle de la densification.....	42
5.3. Comparaison des éco-bilans .....	43
5.3.1. Etude d'écobilan dans le quartier Crêt-Taconnet de Neuchâtel .....	43
5.3.2. Etude d'Econcept pour les mêmes paramètres .....	45
5.4. Perspectives à l'horizon 2035.....	47
5.4.1 Objectifs pour la société à 2000 W.....	47
4.3.2. Perspectives démographiques et énergétiques .....	49
4.3.3. Vers un suivi d'autres indicateurs ?.....	49
6. Conclusions .....	51
Références .....	52
Répertoire des symboles et abréviations .....	55
Annexes.....	56
A-1. Plans Des quartiers.....	56
A 1.1. Neuchâtel – Crêt-Taconnet - Délimitation du périmètre d'étude .....	56
A-1.2. Neuchâtel - La Dîme – Délimitation du périmètre d'étude.....	57
A-1.3 Neuchâtel Observatoire – Délimitation du périmètre d'étude.....	58
A-2. Trame des Questionnaires envoyés .....	64
A-3. Résultats des enquêtes auprès des habitants .....	68
A-3.1. Résultats pour le quartier du Crêt Taconnet à Neuchâtel .....	68
A-3.2. Résultats pour le quartier la Dime à Neuchâtel .....	69
A-3.3. Résultats pour le quartier Rue de l'Observatoire à Neuchâtel .....	70
A-3.4. Résultats pour le quartier de Corcelles-Cormondèche Cudeau du Haut.....	71
A-3.5. Résultats pour le quartier de Marin la Tène .....	72
A-3.6. Résultats pour le quartier de Cernier Forchoux-Mantel.....	73
A-3.7. Résultats pour le quartier de Fontaines Suspont .....	74
A-3.8. Résultats pour le quartier de Savagnier aux Prayes .....	75

## Résumé

Le projet vise à identifier l'impact énergétique de différentes modalités actuelles d'aménagement du territoire à travers une étude de cas de 8 quartiers dans le canton de Neuchâtel. Les quartiers sont révélateurs des tendances d'aménagement en zone urbaine, suburbaine (agglomération) et périurbaine. Ainsi l'influence de la distance au centre de l'agglomération, la centralité est étudiée.

Les dépenses énergétiques d'investissement (constructions, aménagements) et de fonctionnement (chauffage, électricité, eau, déchets, réseaux) et de mobilité (pendulaires, achats et mobilité globale) sont pris en compte. Les investissements énergétiques sont évalués par la méthode SNARC. Les dépenses énergétiques de fonctionnement et de mobilité se basent sur des questionnaires personnalisés aux habitants et sur les données des micro-recensement.

Au final, la variable centralité n'a qu'un rôle faible sur l'écobilan par personne. Dans notre cas, les écobilans pour des quartiers en agglomération et pour des quartiers en zone périurbaine sont similaires.

Avec un écobilan par mètres carré, l'impact est tout à fait similaire et aucune corrélation avec la variable centralité n'est notée. Comme les logements sont plus grands par ménage et par personne quand le quartier est en zone suburbaine ou périurbaine, l'écobilan par mètre carré reste stable.

Au contraire, si l'écobilan est déterminé par ménage, les écobilans sont parfaitement corrélés à la variable centralité. Ainsi, un ménage au centre de Neuchâtel consomme 2 fois moins de ressources énergétiques qu'un ménage dans le Val-de-Ruz.

L'étude met aussi en valeur les impacts significatifs dans un écobilan à l'échelle de quartier.

Enfin dans une dernière partie, des recommandations basées sur les perspectives énergétiques et démographiques sont données, afin de répondre à l'objectif d'une société à 2000 watts.

## Abstract

The project aims to identify the energy impact of various current ways of regional planning through a case study of eight districts in the canton of Neuchâtel. The districts reveal the trends of planning in an urban center, and in incorporated (suburb) or unincorporated territory. Thus, the influence of the distance to the center of the agglomeration named “centrality” has been studied.

The energy expenditure of the buildings construction phase (buildings, roads, networks) and utilization phase (heating, electricity, water, waste, networks), has been taken into account as well as the mobility. The energy investments have been evaluated by the method SNARC. The energy expenditure of operation and mobility has been evaluated based on questionnaires addressed to the inhabitants.

As a result, the variable “centrality” has only a weak role on the life cycle analysis (LCA) by inhabitant. In our case, the LCA for incorporated districts (suburb) and unincorporated districts are similar. With a LCA by square meter, the impact is completely similar and no correlation with the variable “centrality” has been noticed. As the households are larger by inhabitants when the district is situated in suburban zone, the LCA per square meter remains stable. On the contrary, if the LCA is determined by household, the LCA are perfectly correlated with the variable “centrality”. Thus, a household in the center of Neuchâtel consumes twice less energy resources than a household in Val-of-Ruz.

The study highlights also the critical impacts of a LCA on a district scale.

Finally, this study gives recommendations based on the energy and demographic prospects in order to answer the objective of a 2000 Watts society.

## Zusammenfassung

Das Projekt zielt darauf ab, die energetischen Auswirkungen verschiedener aktueller Modalitäten der Raumplanung anhand einer Fallstudie von acht Quartieren im Kanton Neuenburg zu identifizieren. Diese geben Aufschluss über die Tendenzen in der Raumplanung in der Kernstadt sowie im inneren und äusseren Agglomerationsgürtel. Somit wird der Einfluss der Distanz ins Agglomerationszentrum, d.h. der Zentralität, untersucht.

Der Energieaufwand für den Bau (Konstruktion, Ausbau), den Betrieb (Heizung, Elektrizität Wasser, Abfall, Netze) und die Mobilität (Pendelmobilität, Einkauf und allgemeine Mobilität) wird berücksichtigt. Die Energieinvestitionen werden anhand der SNARC-Methode berechnet. Die Energieausgaben für den Betrieb und die Mobilität beruhen auf personalisierten Fragebögen, die an die Einwohner gerichtet wurden.

Schliesslich wird klar, dass sich die Zentralitätsvariable nur leicht auf die Ökobilanz pro Person auswirkt. In unserem Fall fallen die Ökobilanzen für die im inneren und äusseren Agglomerationsgürtel gelegenen Quartiere vergleichbar ähnlich aus.

Die Ökobilanz pro Quadratmeter zeigt praktisch die gleichen Auswirkungen auf und es kann keine Wechselbeziehung mit der Zentralitätsvariable festgestellt werden. Da die Wohnungen pro Haushalt und Person grösser sind, wenn sie im inneren und äusseren Agglomerationsgürtel liegen, bleibt die Ökobilanz pro Quadratmeter stabil.

Wenn die Ökobilanz jedoch pro Haushalt bestimmt wird, korreliert sie vollumfänglich mit der Zentralitätsvariable. So betrachtet verbraucht ein Haushalt im Zentrum von Neuenburg zweimal weniger Energie als ein Haushalt im Val-de-Ruz.

Die Studie hebt ausserdem die kritischen Auswirkungen einer Ökobilanz nach Quartieren hervor.

Schliesslich werden in einem letzten Teil Empfehlungen gegeben, die auf den energetischen und demographischen Perspektiven beruhen, um das Ziel einer 2000-Watt-Gesellschaft zu erreichen.

# 1. Situation de départ

## 1.1. CONTEXTE NATIONAL

Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme d'utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments de l'Office Fédéral de l'Energie (OFEN). Ce programme est motivé par le fait qu'environ la moitié de la consommation énergétique suisse provient des bâtiments. Ces consommations sont à la source d'importantes émissions de gaz à effet de serre. Ce secteur revêt une importance considérable également par la quantité de déchets générés et de ressources matérielles consommées pour la construction. Enfin, les constructions ont un rôle important à jouer dans le domaine social au niveau, par exemple, de la qualité de vie ou des fonctions culturelles.

La recherche dans le domaine des bâtiments passifs ou Minergie montre qu'il existe un important potentiel de réduction de ces impacts dans le domaine énergétique. Le programme utilisation rationnelle de l'énergie dans les bâtiments a pour objectif d'améliorer encore ces impacts, et d'encourager la recherche de nouvelles technologies.

Les thèmes de recherche actuels dans le domaine des bâtiments se basent sur le concept de recherche énergétique de la confédération 2004-2007 :

- Isolation à haute technologie.
- Utilisation d'électricité dans les bâtiments (en coopération avec le programme électricité).
- Refroidissement de bâtiment.
- Aspects environnementaux de constructions déficientes en énergie.
- Développement de quartier durable : les conséquences de la construction au niveau de quartier doivent être mieux prises en considération dans le sens de l'aménagement de l'espace durable.

Ce projet s'inscrit dans le cadre du programme développement de quartiers durables, avec un objectif d'une étude de cas sur le canton de Neuchâtel pour évaluer différents modes d'urbanisation à l'aide d'outils d'écobilans.

Cela semble paradoxal, mais construire de manière durable serait un problème d'actualité et non un problème ancien; principalement car la construction n'est plus à l'échelle de l'individu.

Certains situent la cause à la fin du XVIIIème siècle, lors de la constitution du système métrique décimal en Europe à la place d'un système d'unités basé sur l'homme (le pied, la coudée, etc.). A cause de cette perte de la dimension humaine des mesures, l'homme n'est plus au centre des préoccupations de construction et d'autres dimensions sont privilégiées comme, par exemple, la rentabilité économique ou le parti architectural. La solution n'est bien évidemment pas de revenir à des mesures anciennes ; mais elle passe par une redécouverte holistique de l'échelle de la vie humaine : réseaux de transport, architecture, aspects sociaux. Appliquer le développement durable à la construction signifie prendre en compte globalement ses trois facettes (économie, écologie et société).

Dans le cadre de ce projet, l'impact énergétique sous forme d'écobilans a été privilégié, mais d'autres pistes de réflexions sont proposées en discussion.

## 1.2. CONTEXTE METHODOLOGIQUE

Pour l'évaluation de l'impact écologique des bâtiments en Suisse, la SIA (Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes) a développé la méthode SNARC. Cette méthode est reconnue pour la mise à l'épreuve de bâtiments dans des concours d'architectes. Son utilisation permet l'évaluation écologique et la comparaison fiable d'alternatives lors de projets en Suisse.

La difficulté réside dans la mise en place d'une synthèse entre de nombreux aspects : gestion de l'énergie, diversité sociale, qualité de l'air, réseaux de transports, qualité de l'eau, gestion des déchets, aspect économique. Dans cette perspective, il y avait lieu pour ce projet d'élargir le champ de la méthode SNARC, qui est ciblée sur une approche énergétique des besoins lors de la construction et une évaluation des besoins de chauffage des bâtiments.

La SIA a proposé une vision d'élargissement de la méthode SNARC au niveau d'un bâtiment dans les perspectives de la société à 2000 W. Cette note prend en compte les énergies liées à l'énergie d'investissement pour la construction des bâtiments, aux énergies thermiques nécessaires pour la

chaleur et l'eau chaude sanitaire, aux énergies liées à l'électricité, mais aussi à la mobilité. Dans une vision d'avenir, le bâtiment est donc maintenant associé à certains paramètres de mobilité de ses habitants. Il en sera de même pour notre présente étude à l'échelle d'un quartier.

D'autres méthodes existent à l'échelle internationale et ont été source d'inspiration pour l'évaluation globale de quartiers, et non seulement de bâtiments. Ces méthodes seront brièvement discutées dans l'interprétation de nos résultats.

A l'échelle internationale, les méthodes sont centralisées par l'iiSBE (initiative internationale pour un cadre bâti durable ou "International Initiative for a Sustainable Built Environment"). Il s'agit d'un organisme international dont l'objectif principal est de faciliter et promouvoir des directives, des méthodes et des outils qui permettront de progresser vers un cadre bâti durable. Les membres de son conseil d'administration proviennent de différents continents. Ses objectifs comprennent, notamment, la création d'un forum d'échanges international, d'une base de données ouverte aux chercheurs, stratèges ou responsables et professionnels à travers le monde et le déploiement d'un programme d'une durée de quatre ans, visant à caractériser les initiatives prises dans tous les pays importants. L'iiSBE dirige également le processus Défi des bâtiments écologiques (ou Green Building Challenge), un programme collaboratif international de grande portée, voué à l'élaboration théorique et pratique de systèmes d'évaluation du rendement environnemental des bâtiments.

Les Etats-Unis ont développé le système de notation LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) qui concerne les aspects suivants : nettoyage et maintenance du bâtiment, qualité de l'air intérieur, efficacité énergétique, gestion de l'eau, recyclage et équipements pour le recyclage et amélioration des systèmes en vue de l'obtention de standards.

De même, le Japon a développé l'outil CASBEE (Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency). Il permet de calculer la valeur de l'efficacité environnementale comme le ratio Q/L, Q étant la qualité ou performance écologique du bâtiment et L étant la charge écologique.

Il existe d'autres méthodes telles que ENVEST (Royaume Uni), GreenCalc (Pays Bas) ou EcoProP (Finlande), HQE (France).

## 2. But du travail

Le but final à atteindre est une évaluation de différentes modalités d'aménagement du territoire en termes de développement durable. La consommation d'énergie représente un indicateur clé du développement durable dans la mesure où elle est actuellement la première source de nuisance environnementale et où elle deviendra certainement, au cours des prochaines décennies, un paramètre déterminant de l'évolution économique et sociale. Cette transition énergétique tiendra sa place principalement au niveau du bâtiment, où les énergies fossiles peuvent, avec les technologies actuelles, être substituées.

### 2.1. UNE ÉTUDE DE CAS CONCRÈTE

Le projet est basé sur une étude de cas dans le canton de Neuchâtel. Dans cette étude, 8 quartiers sont évalués sur la base d'enquêtes terrains afin de déterminer les écobilans des quartiers.

Pour cela, la consommation unitaire d'énergie grise (par habitant, par logement) de ces différents quartiers d'habitation récents est déterminée. Ces quartiers sont représentatifs des modalités actuelles d'aménagement du territoire, liés à une agglomération (RUN – Réseau Urbain Neuchâtelois). D'après la typologie ARE définie en 2002, ces quartiers sont dans les catégories ARE5, au centre d'une agglomération moyenne, ARE6, dans la couronne proche d'une agglomération moyenne, et ARE7 dans la couronne extérieure d'une agglomération moyenne [Econcept, 2006].

Pour évaluer cette consommation, une investigation propre par des questionnaires dans les quartiers cibles a été menée. Pour obtenir une vision écobilan, la consommation a été subdivisée en une consommation d'investissement, une consommation de fonctionnement et une consommation pour la mobilité. Le calcul de la consommation totale nécessite l'agrégation de ces deux types de consommation, sur des énergies homogènes en dimension, et par rapport aux limites du système. Plutôt qu'une phase de démolition à l'échelle du quartier, une phase de rénovation est envisagée, comme point final du cycle de vie du quartier. C'est pourquoi l'échantillon comprend un quartier récemment rénové.

L'énergie d'investissement correspond à l'énergie de production (énergie grise) des matériaux mis en œuvre et à l'énergie absorbée par les chantiers, pour l'édification des bâtiments, aménagements extérieurs et infrastructures de desserte (routes, réseaux).

L'énergie de fonctionnement correspond à la consommation imputable au chauffage des bâtiments, aux autres prestations domestiques (chaleur, froid, lumière, ventilation, déchets), et à la mobilité pour les pendulaires et pour les achats. Cette énergie doit être homogène à l'énergie grise des matériaux de construction, donc être aussi exprimée en énergie grise des différents modes de consommation énergétique.

### 2.2. UNE DISCUSSION DES RÉSULTATS EN REGARD DE LA LITTÉRATURE NATIONALE ET INTERNATIONALE

L'étude de cas concrète dégage son intérêt à la lumière de la confrontation avec les études existantes. Une étude globale à l'échelle d'un quartier en Suisse est peu documentée. Par contre, pour chaque phase du cycle de vie, et chaque type d'énergie, des études locales peuvent permettre de confronter les résultats.

Ainsi pour l'énergie de fonctionnement, une analyse précise a été menée sur un quartier par E. Rey [Rey, 2006], permettant de discuter l'efficacité de la méthode simplifiée SNARC, et de préciser les limites du système pour les énergies grises considérées dans SNARC.

La mobilité recensée et réelle relevée par nos questionnaires peut être confrontée aux résultats et aux évolutions constatées dans les micro-recensements pour les transports 2000 [OFS, 2002] et 2005 [OFS, 2007], afin de mettre en lumière des comportements anormaux de certains quartiers en terme de mobilité.

Enfin, en termes d'énergie d'usage pour le bâtiment, les résultats de consommation des habitants sont confrontés aux résultats des calculs par les normes SIA, faits par les architectes. Ainsi, les écarts entre planification et comportement réel des habitants peuvent être discutés à l'échelle des quartiers.

### **2.3. UNE ANALYSE DE LA VARIABLE CENTRALITÉ À L'ÉCHELLE D'UN QUARTIER**

Les valeurs totales obtenues par quartier seront regroupées en fonction de la variable centralité de manière à en faciliter la visualisation et la communication. Cette donnée permettra de mesurer la durabilité de chaque quartier en termes écologiques. Parallèlement, des conclusions et recommandations sont tirées.

Les impacts des différentes phases du cycle de vie sont analysés et mis en parallèle pour donner des priorités en termes d'aménagement du territoire et en termes d'économies d'énergie grise. Ces résultats seront confrontés à d'autres études et aux indices retenus dans d'autres projets à l'échelle de quartiers.

Dans la discussion sur les aménagements du territoire, la vision énergétique est en général élargie et pondérée par d'autres critères. Nous relèverons les plus fréquents dans la littérature pour passer de la dimension d'éco quartiers à des quartiers durables.

### **2.4. UNE VISION À L'HORIZON 2035**

Une analyse de durabilité économique et sociale à l'horizon 2035 sera élaborée sur la base d'une hypothèse d'évolution du prix de l'énergie, et de disponibilité des énergies. Quatre scénarios énergétiques ont été élaborés à cet horizon [OFEN 2007] et différentes perspectives démographiques dans les cantons ont été proposées à l'horizon 2030 [OFS 2007b]. Afin de répondre à ces échéances à long terme, la SIA a récemment publié des objectifs chiffrés pour les consommations énergétiques dans les bâtiments [SIA 2006]. La mise en parallèle de ces perspectives et de notre étude nous permettra de suggérer des pistes de réflexions dans le domaine.

### 3. Méthode utilisée

Dans un premier temps, la sélection de l'échantillon a été opérée. L'échantillon de 8 quartiers d'une taille d'environ 100 habitants a été pensé pour représenter des ensembles homogènes du point de vue de la construction et du mode d'habitat. Les limites énergétiques de l'étude ont ensuite été définies. Le but est d'avoir la meilleure homogénéité des limites, tout en pouvant obtenir un retour efficace des données collectées. En effet, les questionnaires habitants et des régies ne sont pas remplis par des professionnels, ils doivent pouvoir être remplis simplement et rapidement. Habitants, architectes et régies ont été mis à contribution à travers un envoi de plus de 360 questionnaires. Enfin, les méthodes d'interprétation et de calculs des résultats ont été définies, notamment les hypothèses utilisées pour permettre l'interprétation des données de chaque quartier.

#### 3.1. CHOIX DE L'ÉCHANTILLON

##### 3.1.1. Critères

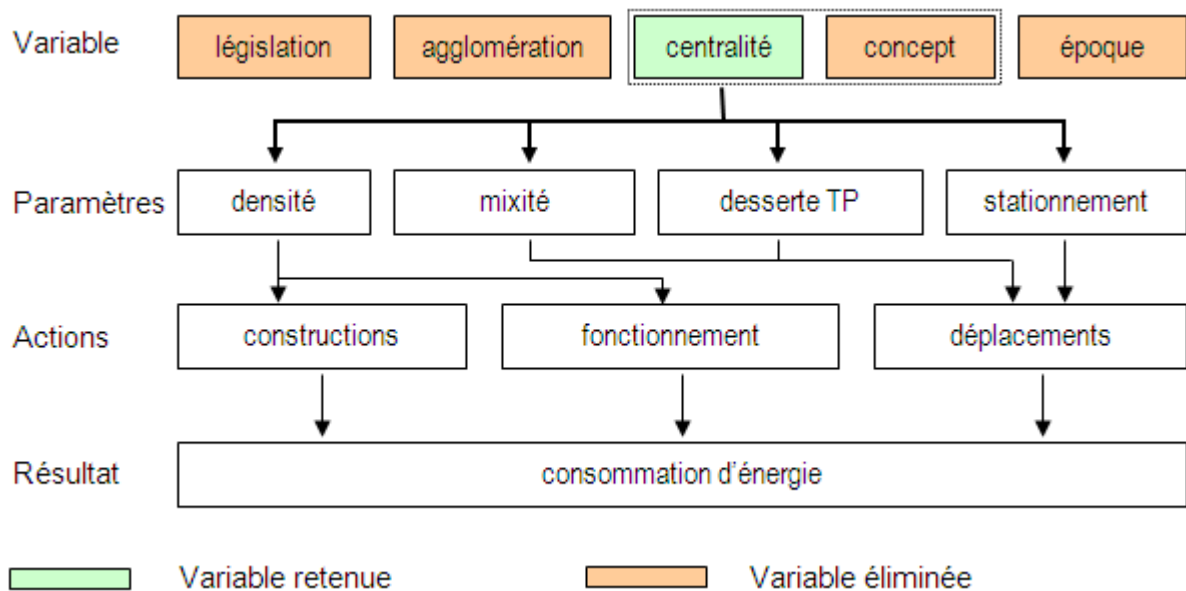
Le principe de base pour l'élaboration de ce projet d'étude est de limiter autant que possible le nombre de variables susceptibles d'influencer les grandeurs mesurées, afin de pouvoir tirer des conclusions pertinentes quant à l'impact de la variable principale: la position du quartier au sein de l'agglomération. Les paramètres qui déterminent la consommation d'énergie (densité, mixité, desserte par transports publics, disponibilité en stationnement) sont, en général, fortement corrélés à la centralité. Une deuxième variable susceptible d'influencer ces paramètres est le concept d'ensemble du quartier, soit la volonté du maître d'ouvrage de réaliser un effort particulier pour améliorer les performances énergétiques du quartier au-delà des minima légaux ou de la pratique usuelle. Les autres variables à même d'influer sur les paramètres à incidence énergétique sont l'époque de construction, la législation cantonale et la dynamique propre à l'agglomération.

Afin d'éliminer l'influence de la variable « législation », on choisit l'échantillon de quartiers au sein d'un même canton: celui de Neuchâtel.

Afin d'éliminer l'influence de la variable « agglomération », on choisit l'échantillon au sein d'une même agglomération: celle de Neuchâtel.

Afin d'éliminer l'influence de la variable « époque de construction », on choisit l'échantillon de quartiers des quartiers homogènes, représentatifs de la législation actuelle et des choix futurs d'aménagement du territoire. Nous avons donc choisi des quartiers récents (à l'exception d'un quartier récemment rénové).

Afin d'éliminer autant que possible l'influence de la variable « concept d'ensemble », on s'efforce de l'intégrer à la variable « centralité » en choisissant des quartiers représentatifs, c'est-à-dire qui correspondent à la pratique actuelle de l'aménagement du territoire. Un quartier correspondant à l'échelle du canton de Neuchâtel a été fixé en accord avec les services cantonaux à une entité d'environ 100 personnes pour garder la notion d'homogénéité de l'habitat.



**Figure 1:** Variables considérées pour le choix des quartiers

Enfin, il est important de composer un échantillon de taille suffisante, englobant, si possible, les extrêmes (le meilleur et le pire du point de vue énergétique). C'est pourquoi, 8 quartiers ont été inclus dans notre analyse.

### 3.1.2. Quartiers sélectionnés

Les quartiers suivants ont été retenus car répondant au mieux aux contraintes ci-dessus :

#### **Ville de Neuchâtel (ARE5)**

Les trois quartiers choisis diffèrent par leur concept, leur population et leur âge. Tous sont bien desservis par les transports publics.

- **Crêt-Taconnet** : quartier récent très central, proche de la gare, établi sur un site de friches industrielles, comprenant des bâtiments différents tous conçus selon les principes du développement durable. Très bien documenté du point de vue énergétique et de l'écobilan.
- **La Dîme** : quartier de petits immeubles locatifs des années 60 récemment rénové et isolé.
- **Sous-Observatoire** : quartier récent de PPE de haut standing, en cours d'extension, sur terrain pentu et rocheux.

#### **Agglomération (ARE6)**

Les deux quartiers occupent une situation similaire dans l'agglomération : ils sont suburbains, disposent d'une desserte par transports publics de qualité moyenne (arrêt à 300 m environ).

- **Corcelles – Les Cudeaux-du-Haut** : habitat groupé récent.
- **Marin – La Tène** : villas mitoyennes bon marché récentes.

#### **Val-de-Ruz (ARE7)**

Les trois quartiers sélectionnés pour la région du Val-de-Ruz sont assez semblables et représentatifs de l'urbanisation récente de cette zone résidentielle du canton, située entre les agglomérations de Neuchâtel et de La Chaux-de-Fonds / Le Locle. Ils sont constitués de villas isolées ou mitoyennes. Leur desserte par transports publics est assez peu attrayante.

- **Cernier – Forchau-Mantel.**
- **Fontaines – Sus Pont.**
- **Savagnier – Aux Prayes.**

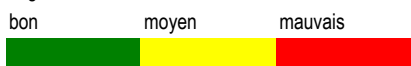
Les plans de quartiers sont présentés en annexe.

### 3.1.3. Typologies des quartiers retenus

Les huit quartiers permettent une analyse de différentes modulations de la variable centralité. L'avantage de la petite taille est une bonne homogénéité en termes de concept d'habitat, ce qui nous permet de limiter les effets de cette variable et de centrer l'analyse sur la centralité. Néanmoins, concept et centralité semblent liés, dans les zones périurbaines (ARE7) le concept d'habitat est fait de villas individuelles ou mitoyennes. A l'inverse en ville de Neuchâtel ou en agglomération, le concept est plus dense, notamment avec des propriétés par étage, par habitat groupé. Ces phénomènes de concept ont tendance à accentuer l'influence de la variable centralité. (Figure 2).

région	Neuchâtel			Agglomération		Val-de-Ruz		
commune	Neuchâtel	Neuchâtel	Neuchâtel	Corcelles	Marin	Cernier	Fontaines	Savagnier
quartier	Crêt-Taconnet	Dîme	Observatoire	Cudeaux	La Tène	Forchau-Mantel	Sus Pont	Aux Prayes
concept	DD	70 rénové	ppe luxe	groupé	villas mitoy. écon.	villas	villas mitoy.	villas
situation	urbain central	urbain	urbain	suburbain	suburbain	périurbain	périurbain	périurbain
variable	<i>Appréciation sommaire de l'effet de la variable du point de vue énergétique</i>							
concept								
densité								
centralité								
mixité								
offre TP								
stationnement								

Légende



**Figure 2: Typologie des quartiers sélectionnés**

Tous ces quartiers font partie de l'agglomération neuchâteloise ou Réseau Urbain Neuchâtelois (RUN). En termes de centralité, le quartier du Crêt-Taconnet est plus central dans l'agglomération neuchâteloise car situé en face de la gare. Les autres quartiers ont des paramètres de centralité équivalents, Corcelles et Marin se situent à environ 5 km du centre. Cernier, Fontaines et Savagnier sont à une distance de 15 à 20 km du centre.

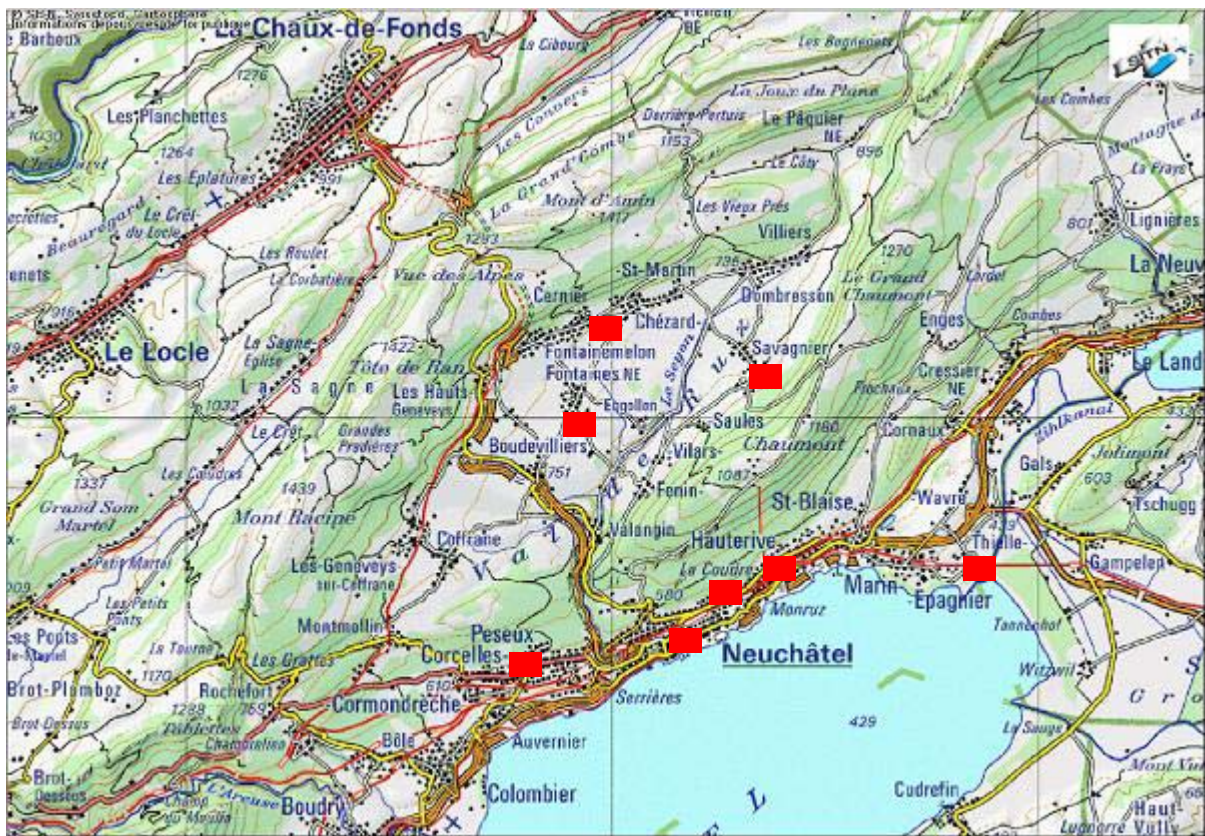


Figure 3: Localisation géographique des quartiers retenus

## 3.2. LES LIMITES DU SYSTÈME

### 3.2.1. Limites pour l'énergie d'investissement

Les limites du système pour l'énergie d'investissement ont été fixées par la méthode SNARC pour la phase de construction. [SIA 2000] La méthode SNARC offre une estimation des énergies investies pour les ressources de terrassements et de mise en forme du terrain, les ressources pour le gros œuvre, et les ressources pour les aménagements intérieurs. Le calcul des ressources pour les aménagements intérieurs a été éliminé de la version nouvelle de SNARC, néanmoins, notre confrontation à un écobilan précis nous a montré que leur prise en compte offrait une meilleure approximation de l'écobilan global [SIA 2004]. Nous l'avons donc pris en compte.

Pour les énergies d'investissement à l'échelle du quartier, les ressources de terrassement et  $m^2$  de circulation pour les routes et conduites d'eau ont été estimées sur la base des valeurs de la méthode SNARC afin de maintenir l'homogénéité des données.

La taille restreinte des quartiers évite de considérer l'énergie d'infrastructure de bâtiments d'activités. Les quartiers ne contiennent alors pas d'autres aménagements significatifs en énergie d'investissement.

### 3.2.2. Limites pour l'énergie de fonctionnement

L'énergie de fonctionnement comprend les énergies utilisées pour le chauffage, l'eau chaude sanitaire, ainsi que l'énergie électrique pour les logements, mais aussi pour les parties communes dans les habitats groupés. Afin d'obtenir une énergie homogène avec l'énergie grise des bâtiments, une énergie qui comprend le cycle de vie des ressources énergétiques est prise en compte. L'utilisation d'un facteur de conversion avec l'énergie finale permet d'évaluer les dépenses énergétiques d'une manière aussi large que possible. L'énergie ainsi obtenue est appelée parfois énergie primaire [Econcept

2007], Les valeurs de référence sont homogénéisées avec l'étude d'Econcept afin de permettre une mise en parallèle des résultats. [Econcept 2007] Ces valeurs sont fournies dans le détail de la méthodologie calculatoire.

Les valeurs pour les besoins en énergie de fonctionnement sont évaluées au travers des questionnaires aux habitants. Elles sont ajustées par des données des régions. Si les données sont incomplètes, elles sont complétées par des valeurs nationales ou cantonales. Les valeurs annoncées par les régions et les habitants sont confrontées avec les valeurs SIA 380/1 données par les architectes..

Une énergie de fonctionnement liée à la consommation du réseau d'eau est envisagée. Pour l'étude, l'énergie liée à l'écobilan de l'eau est prise selon l'écobilan référence. [Jungbluth 2006].

A l'énergie du fonctionnement à l'échelle du quartier est rajoutée l'énergie pour les ordures ménagères en fonction des statistiques de déchets cantonaux et de la distance au centre d'incinération à Colombier. Enfin, l'énergie pour l'entretien du réseau routier est considérée sur la base des plans des quartiers. [INFRAS 1999]

### **3.2.3. Limites pour la mobilité**

Les limites pour la mobilité sont inspirées de la réflexion de la SIA, et déterminées par les informations recueillies par les questionnaires.

La SIA associe à un bâtiment non pas toute la mobilité de ses habitants, mais une part seulement. Le solde étant imputable au quartier. Dans cet esprit, la SIA a estimé que, pour les trajets pendulaires, le trajet aller vers le lieu de travail était imputable à l'employeur, et que le trajet de retour était imputable à l'habitation. Cette démarche a pour objectif de fixer les limites, et de ne pas compter à double les impacts dans les différents écobilans, d'un côté des employeurs, et, d'un autre côté, des habitations.

Cette demi-mobilité pendulaire peut être calculée pour chaque habitant et a été intégrée dans nos limites de mobilité induite.

Un autre poste de mobilité courante peut être intégré sur la base des questionnaires, la mobilité pour les achats courants. Cette mobilité dépend de la localisation d'un centre commercial pour les produits essentiels, et est évaluée à travers les habitudes de consommation des habitants des quartiers sélectionnés. Pour approfondir la démarche, l'impact du transport supplémentaire des vivres essentiels, basé sur un poids du panier de la ménagère de 100 kg par semaine par personne pour les denrées alimentaires, a été comptabilisé. En effet, les lieux d'achats décentralisés du Val de Ruz sont fournis depuis des centrales situées à Neuchâtel.

Les questionnaires donnent également un ordre de grandeur de la mobilité globale du quartier, grâce à une indication du nombre de kilomètres parcourus par année et de la consommation des automobiles du ménage. Cet impact n'est néanmoins utilisé qu'à titre indicatif.

Là encore, les résultats ont été confrontés aux études nationales de micro recensement pour, notamment, déceler les comportements hors normes dans les quartiers, et afin de permettre de mieux interpréter les valeurs extrêmes.

## **3.3. RÉCOLTE DES DONNÉES**

### **3.3.1. Questionnaire aux habitants**

Afin d'obtenir des données pertinentes, un questionnaire a été envoyé à tous les propriétaires et locataires concernés leur demandant des informations dans les domaines suivants:

- Logement et ménage.
- Véhicules (voiture, deux-roues, etc.).
- Lieu de travail (par quel moyen de transport).
- Lieu des achats principaux (par quel moyen de transport).
- Consommation d'énergie de l'habitation (seulement pour les propriétaires).

Le questionnaire est donné à l'annexe 2.1.

### 3.3.2. Questionnaire aux gérances immobilières

Pour les immeubles locatifs, les gérances ont été contactées afin de connaître les consommations effectives des constructions.

Le questionnaire pour les gérances sert à la validation des consommations d'énergie du logement.

Le questionnaire est donné à l'annexe 2.2.

### 3.3.3. Questionnaire aux architectes

En ce qui concerne la détermination des données relatives aux ressources énergétiques pour la construction (selon la méthode SNARC), les architectes ayant participé à l'élaboration des plans de quartiers ont été sollicités. Cette démarche n'a pas donné les résultats escomptés car très souvent les constructions faites sur un même plan de quartier sont issues d'architectes différents, ce qui empêche d'avoir une vue générale cohérente.

Afin de compléter les résultats, les données, pour les quartiers où les architectes n'ont pas été identifiés, sont extrapolées sur la base du plan d'un immeuble du lotissement pour l'écobilan final. Cette méthode est rendue possible grâce à l'homogénéité architecturale des quartiers.

Le questionnaire est donné à dans l'annexe 2.3.

### 3.3.4. Retour des questionnaires

Le taux de retour des questionnaires adressés aux propriétaires et locataires a été très variable selon les quartiers. De plus de la moitié pour le quartier de Forchaux-Mantel à Cernier, il est tombé à moins de 10% pour Les Prayes à Savagnier. Ainsi, les résultats de notre étude pour Savagnier sont obérés par le manque de retour des questionnaires. Le questionnaire a été conçu de telle sorte qu'il soit entièrement anonyme, ce qui ne permettait pas de procéder à des rappels aux personnes ne l'ayant pas rempli..

Quartiers	Nombre de questionnaires envoyés	Retour	Taux
Cernier, Forchaux-Mantel	29	16	55%
Corcelles, Cudeau du Haut	85	42	49%
Fontaines, Sus Pont	41	20	49%
Marin, La Tène	72	28	39%
Savagnier, Aux Prayes	22	2	9%
Neuchâtel, Observatoire	19	6	32%
Neuchâtel, La Dime	65	21	32%
Neuchâtel, Crêt-Taconnet	28	13	46%

Tableau 1 : Taux de retour des questionnaires (propriétaires et habitants)

Le retour des questionnaires adressés aux gérances a, dans son ensemble, été bon et les informations ont pu être validées.

En ce qui concerne les questionnaires adressés aux architectes, force est de constater que lorsque l'auteur du quartier a réalisé l'ensemble des constructions, les informations recueillies sont fiables et donc exploitables. Il est, en revanche, quasiment exclu d'obtenir des informations même partielles dans les autres cas.

Les limites du quartier considéré sont celles du plan de quartier. Tous les bâtiments et infrastructures sis à l'intérieur de ce périmètre ont été pris en compte.

### 3.4. MÉTHODE DE CALCUL POUR LES RÉSULTATS

Les résultats s'expriment en MJ/m<sup>2</sup> et en MJ/habitant. La notion d'habitant intègre tout habitant du quartier, quelque soit son âge. Dans une synthèse de l'écobilan, les résultats sont enfin présentés de manière à faire ressortir la puissance continue équivalente nécessaire à l'existence du quartier, ce qui permet une comparaison avec l'objectif de la société à 2000 W (sous réserve des dépenses énergétiques non comptées dans l'étude).

#### 3.4.1. Hypothèses pour l'énergie d'investissement

Le calcul de la dépense d'énergie d'investissement pour les constructions et infrastructures se base sur la méthode SNARC. Bien que comportant bon nombre de simplifications pour des raisons de standardisation, cette méthode fournit des résultats satisfaisants, ce d'autant plus que tous les quartiers étudiés sont des réalisations récentes. L'écobilan complet d'un quartier est fait dans le chapitre 5 afin de permettre une comparaison avec les résultats de SNARC. Dans la mesure où les quartiers choisis correspondent à des opérations immobilières uniques liées à un plan de quartier, on retrouve le même bâtiment-type à plusieurs exemplaires.

Pour procéder à l'agrégation des valeurs de consommation d'énergie d'investissement et de fonctionnement, la dépense d'investissement est convertie en charge énergétique annuelle en la divisant par la durée de vie de l'objet; on obtient ainsi une dépense énergétique annuelle (MJ/an/unité de référence).

Le choix d'une période d'amortissement influence fortement la charge énergétique annuelle. SNARC ne considère pas de durée d'amortissement, mais une durée de comparaison pour avoir un ordre de grandeur équivalent avec les besoins de chauffage. Afin d'avoir un ordre de grandeur plus exact de la durée d'amortissement de l'énergie d'investissement d'un bâtiment, une statistique de l'OFS sur la durée de vie des bâtiments [OFC 2002] a été prise comme base. Cette étude indique que la durée de vie d'un bâtiment est supérieure à 65 ans, et qu'il faut en moyenne autour de 40 ans avant que le bâtiment connaisse une rénovation. Ainsi pour être plus proche de la réalité, l'énergie d'investissement par SNARC sera convertie en énergie par année à travers une durée de vie du bâtiment de 60 ans. Un ajout d'une phase de rénovation est fait sur la période de 60 ans.

#### 3.4.2. Hypothèses pour l'énergie de fonctionnement

La dépense d'énergie de fonctionnement des bâtiments est déterminée par le biais du calcul de l'indice énergétique, complété de la consommation d'eau et d'électricité obtenue soit par questionnaire auprès des habitants, soit auprès de la commune et du fournisseur d'électricité. Les valeurs données sont converties en énergie primaire. [Econcept 2007].

Les valeurs utilisées sont détaillées dans le tableau 2.

Source d'énergie	Unité	Valeur pour l'énergie primaire
Gaz	(MJ primaire/MJ final)	1.21
Mazout	(MJ primaire/MJ final)	1.29
Bois	(MJ primaire/MJ final)	1.32
Electricité	(MJ primaire/MJ final)	2.9

Tableau 2 : Facteurs de conversion pour déterminer les énergies « primaires » des ressources

La conversion de la consommation d'eau en énergie se fera sur la base de l'énergie grise de l'eau en raison de l'entretien des réseaux de pompage, d'alimentation et d'épuration. (Jungbluth 2006).

Le calcul de l'énergie d'entretien au niveau du quartier se fait selon INFRAS 1999.

Impact	Unité	Valeur pour l'énergie d'entretien
Route	MJ /m	317
Eau réseau	MJ /m <sup>3</sup>	10.6

Tableau 3 : *Energie grise pour les ressources en phase de fonctionnement*

L'énergie pour le traitement des déchets n'est pas imputée au quartier, par contre la distance au centre d'incinération est comptabilisée. En effet, l'énergie pour les déchets entre dans les écobilans de la consommation du ménage, et non pas dans un écobilan du logement. Un écobilan par personne incorporant les habitudes de consommation est documenté par le rapport « Consommation respectueuse de l'environnement » de l'OFEV.

### 3.4.3 Hypothèses pour la mobilité

La dépense d'énergie liée à la mobilité est déterminée en analysant les pratiques de mobilité d'après les questionnaires (personnes-km/an par mode de transport) et en les multipliant par les consommations spécifiques rapportées à l'énergie primaire [INFRAS 1999]

Impact des modes de transport		Total	Energie grise	Fonctionnement
Voiture	MJ/km	5.19	1.2	3.99
Mixte transports en commun/voiture	MJ/km	3.31	0.785	2.52
Transports en commun	MJ/km	1.42	0.37	1.05
Mixte transports en commun/pied	MJ/km	0.71	0.185	0.525
A pied	MJ/km	0.00	0	0

Tableau 4 : *Facteur de conversion pour déterminer les énergies totales des transports*

Ces consommations par km sont ensuite pondérées par la consommation spécifique du ou des véhicule/s possédé/s par le ménage, afin d'incorporer le choix du véhicule dans l'impact des ménage.

Comme mentionné dans les limites du système, uniquement les dépenses de mobilité liées au quartier sont imputées à notre écobilan du quartier.

Pour les achats, une hypothèse sur la fréquence des achats en fonction du lieu d'achat pour les achats courants a été établie:

Km parcourus pour les achats	de	à	Fréquence hebdomadaire supposée	
km	0	1.5	par semaine	5
km	1.6	15	par semaine	2
km	16	50	par semaine	1

Tableau 5 : *Hypothèse pour la fréquence des achats*

Ainsi avec un centre commercial situé entre 0 et 1,5 km du quartier, la fréquence hebdomadaire sera de 5 fois. Pour un centre commercial situé entre 1,6 km et 15 km, la fréquence hebdomadaire sera de 2.

La valeur d'un panier d'achat de 100 kg par personne/mois pour les denrées alimentaires se base sur l'évaluation du poids du panier de la ménagère. Ces denrées sont considérées comme étant transportées par un camion de 16t depuis le centre logistique de Neuchâtel.

A titre de comparaison avec des études prenant en compte toute la mobilité [Econcept 2007; Microgis SA 2004; OFS 2007], un écobilan intégrant la mobilité nationale totale est également intégré. Cette mobilité totale se base sur les kilométrages annuels parcourus par les transports individuels motori-

sés des ménages incluant automobiles, motos et cyclomoteurs. Pour inclure tous les moyens de transport, les statistiques neuchâteloises (Microgis SA, 2004) des kilomètres parcourus en transports publics sont utilisées pour ajouter l'énergie des transports communs :

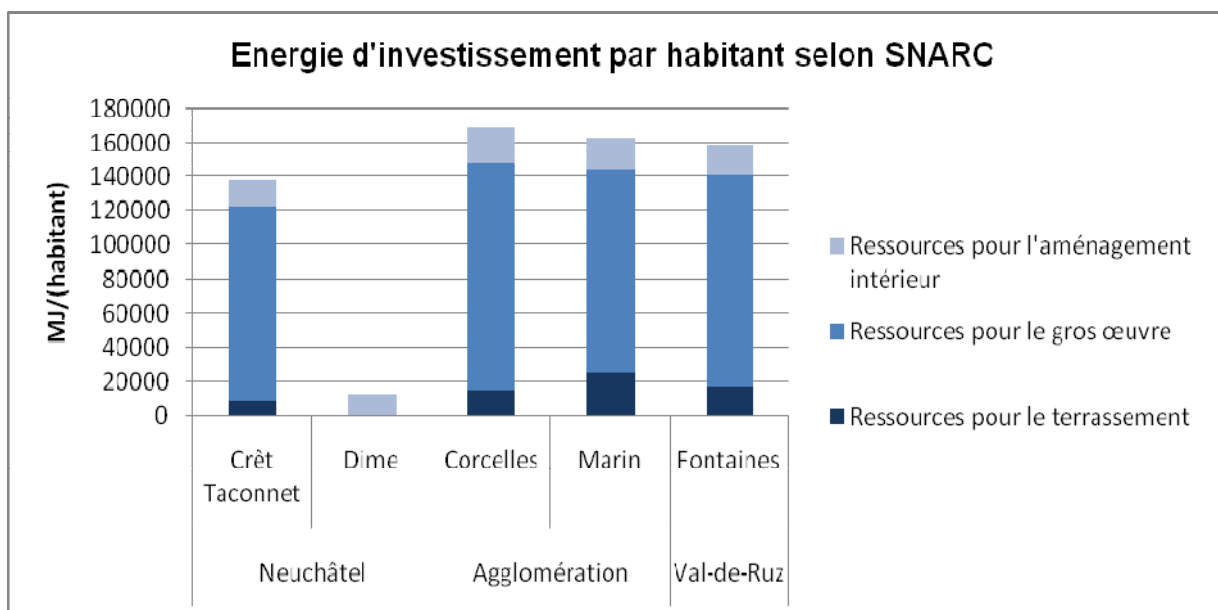
## 4. Résultats

### 4.1. ENERGIE D'INVESTISSEMENT

#### 4.1.1. Impact d'investissement global

L'énergie d'investissement des quartiers a été calculée sur la base des questionnaires aux architectes donnés en annexe 2.

Cinq quartiers ont pu être évalués selon la méthode SNARC. Les données ont été ensuite divisées par le nombre d'occupants actuels du bâtiment. Le quartier de la Dîme à Neuchâtel fait exception car il s'agit d'un immeuble des années 60 rénové avant notre étude. Son énergie d'investissement est donc l'énergie d'investissement nécessaire pour la rénovation du bâtiment, et non pas l'énergie globale pour la construction du bâtiment. (Figure 4).



**Figure 4:** Energie d'investissement par habitant selon SNARC

En termes d'investissement selon SNARC, les ressources pour le gros œuvre sont prédominantes. Entre les quartiers, l'impact est assez similaire par personne, pourtant les constructions sont de types très différents :

- Le quartier du Crêt-Taconnet est basé sur le concept du développement durable, avec une construction compacte qui limite l'impact, mais l'aspect bénéfique de cette architecture est contre balancé par la massivité de la construction. Néanmoins, cette « massivité » qui inclut une excellente isolation sera très vite remboursée énergétiquement (cf Energie de fonctionnement).
- Le quartier de Corcelles basé sur un habitat groupé a aussi un type de construction compacte qui devrait être favorable en termes de minimisation d'énergie d'investissement. Cependant divisé par le nombre de personnes, l'ordre de grandeur devient similaire aux autres quartiers, et même légèrement supérieur à des habitats sous forme de villas comme à Marin et à Fontaines. Ce phénomène est dû au nombre inférieur d'habitants par ménage.
- Les quartiers de Marin et Fontaines sont constitués de villas mitoyennes avec une bonne compacité également. Au final, malgré une forme d'habitat moins groupée, l'énergie d'investissement est seulement 15% plus élevée que dans un quartier développé selon les concepts du développement durable. (Crêt-Taconnet).

#### 4.1.2. Impact d'investissement par année

Pour pouvoir être comparées aux énergies de fonctionnement et de mobilité, il est nécessaire de ramener cet impact à un investissement énergétique annuel. (Figure 5).

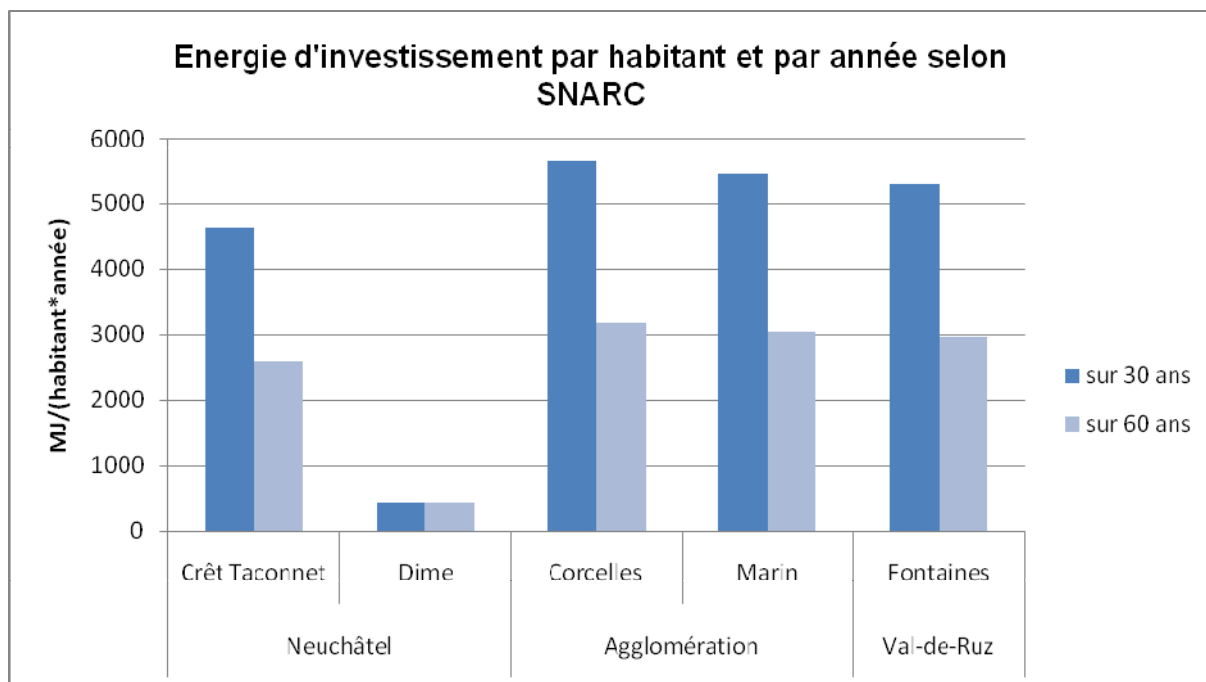


Figure 5: Energie d'investissement par habitant et par année selon SNARC

SNARC est, selon la méthode 2004, comparé à une énergie d'investissement finale sur 30 ans. Cependant pour respecter les limites du système dans cette étude, la comparaison se fera avec les énergies grises des ressources de fonctionnement. De plus, il semble plus adéquat, au vu de la durée de vie des bâtiments neuchâtelois, de prendre en compte une durée d'amortissement de 60 ans.

Finalement, l'impact annuel de cette énergie d'investissement est autour de 3000 MJ/(année\*habitant) pour les 5 quartiers analysés. Les différences de nombres d'habitants par ménage compensant les différences entre les modes d'urbanisation groupés ou par villas.

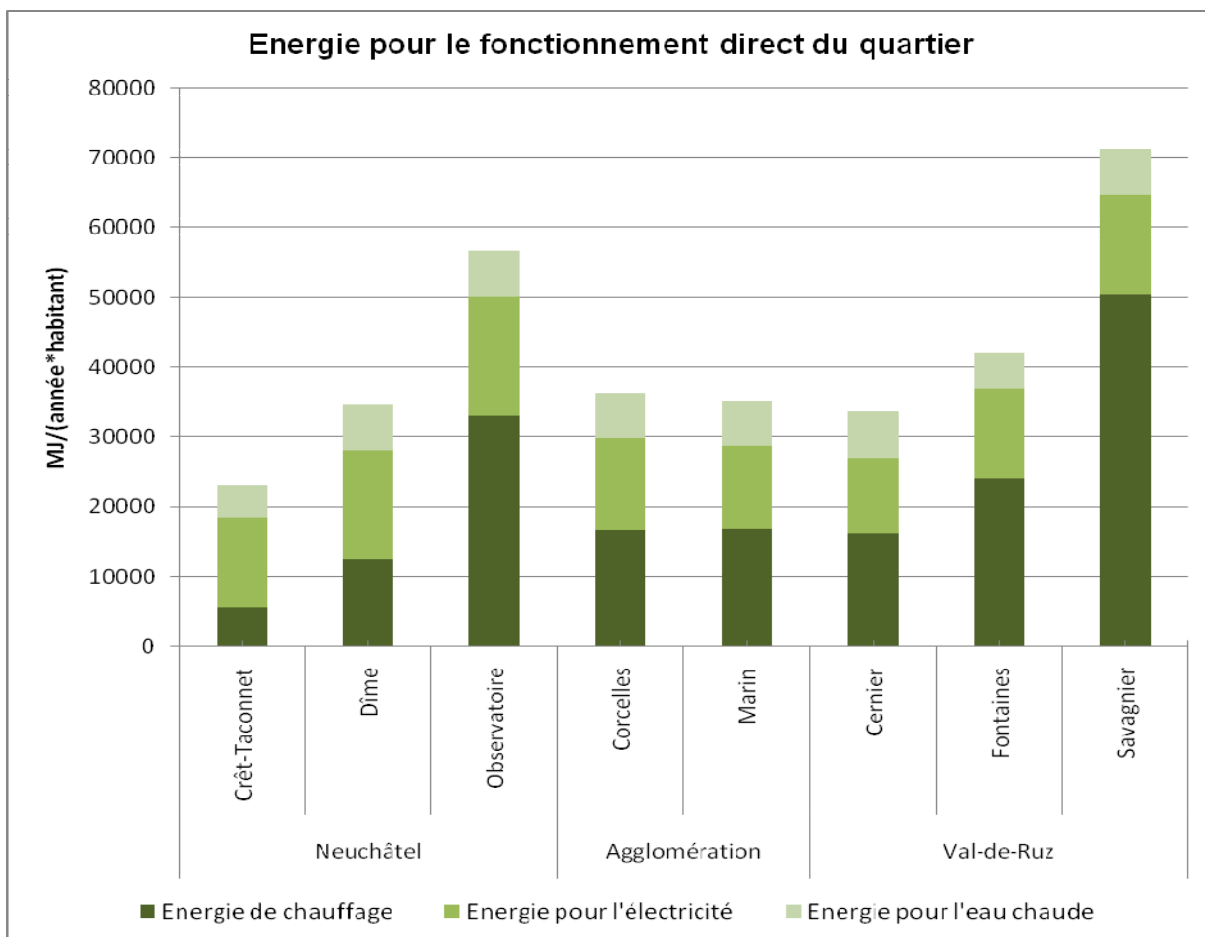
## 4.2. ENERGIE DE FONCTIONNEMENT DU QUARTIER

Les énergies de fonctionnement pour le quartier rassemblent les postes énergétiques directs classiques d'un bâtiment, besoin de chaleur pour le chauffage et l'eau chaude, et besoin d'électricité. Pour affiner l'écobilan, des impacts indirects ont également été comptabilisés, les besoins en énergie grise pour la distribution d'eau, pour l'entretien des infrastructures du quartier et pour la gestion des déchets.

Afin d'améliorer la clarté des résultats, les énergies de fonctionnement direct et indirect sont présentées séparément, avant d'être réunies dans un bilan énergétique pour le fonctionnement.

### 4.2.1. Energie pour le fonctionnement direct du quartier

Les énergies pour le fonctionnement direct du quartier regroupent les énergies nécessaires au chauffage, à l'eau chaude et l'électricité. Les énergies électriques pour des systèmes de ventilation sont considérées dans l'énergie des communs pour les modes d'habitats groupés, et sont donc intégrés à l'étude. (Figure 6).



**Figure 6:** Energie pour le fonctionnement direct du quartier

Cet impact est primordial sur l'écobilan du quartier, mais la variable centralité n'est que faiblement corrélée aux résultats. Les besoins de chauffage dépendent du mode d'habitat et sont très fortement liés aux besoins énergétiques des bâtiments. De plus, les besoins en eau chaude et électricité relèvent essentiellement des comportements individuels.

La variable centralité a un effet indirect par le type d'architecture dans les différents quartiers. Cependant un habitat en PPE, relativement moins bien isolé comme à la rue de l'Observatoire, aura un impact moins bon que des maisons individuelles mitoyennes où vivent des familles.

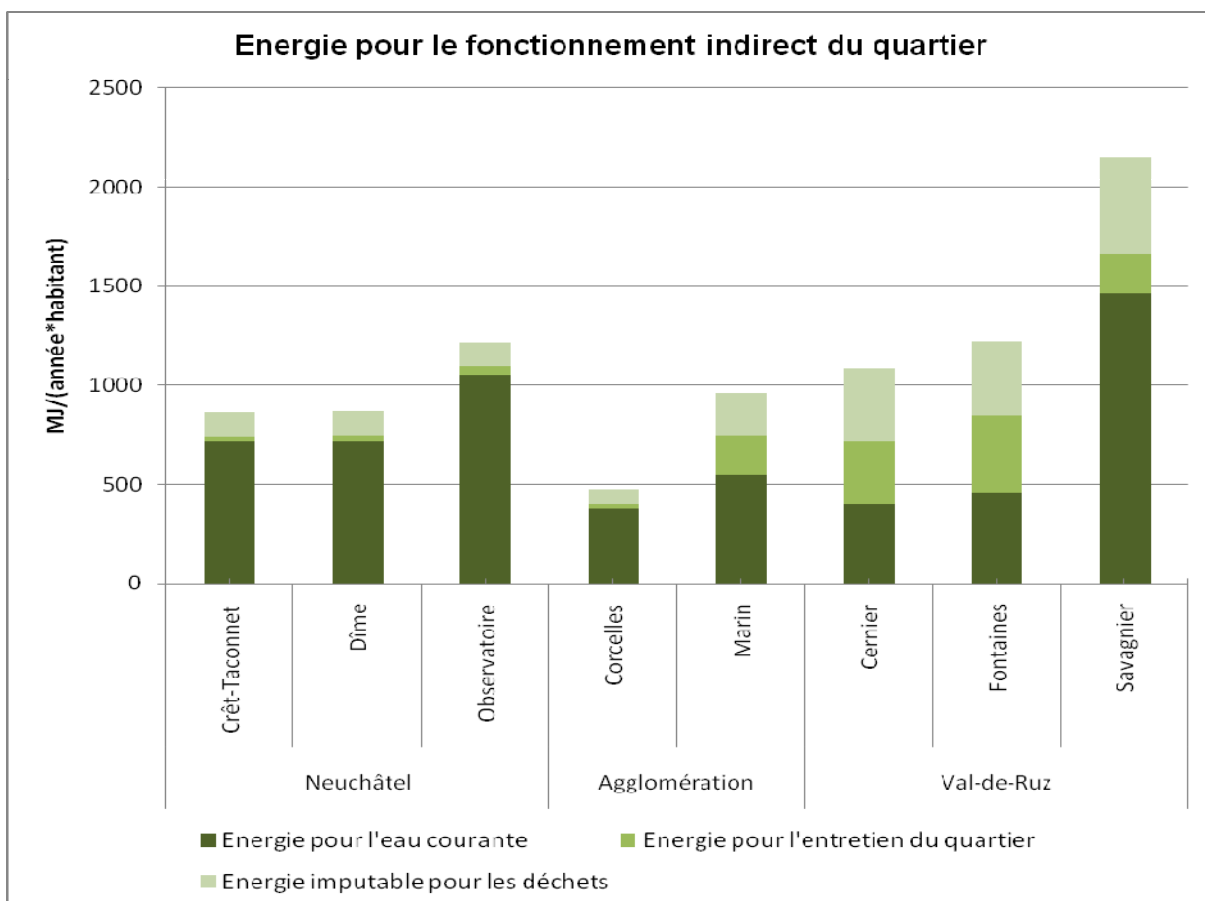
Voici pour chaque type d'énergie les principaux résultats :

- L'énergie pour le chauffage est nettement le poste le plus important en termes de variabilité et de potentiel de réduction. Entre les besoins du bâtiment du Crêt-Taconnet et ceux de Savagnier, les besoins par personnes varient d'un facteur 9. Cette différence a deux sources :
  - La première est la différence des besoins énergétiques du bâtiment. Le quartier du Crêt-Taconnet a un besoin théorique pour le chauffage de 93 MJ/(m<sup>2</sup>\*an), alors que celui-ci est de 650 MJ/(m<sup>2</sup>\*an) dans les habitations sélectionnées du quartier de Savagnier
  - La deuxième est l'effet de la variable de taille des habitations. Un habitant occupe seulement 47 m<sup>2</sup> au Crêt-Taconnet, et 70 m<sup>2</sup> dans le quartier de Savagnier. De plus les différences de températures moyennes annuelles ont aussi une influence négative sur les besoins de chauffage des quartiers du Val-de-Ruz.
- L'énergie pour l'électricité nous a conduits à des résultats surprenant par rapport à la variable centralité. D'après les relevés, le quartier le plus économe est le quartier de Cernier. L'explication est simple, ce quartier est composé de familles plutôt nombreuses, et la moyenne d'habitants par habitation y est supérieure. Pour ce poste énergétique, les habitats groupés ont un résultat moyen dû à l'intégration de l'électricité des communs. Souvent non intégrés directement dans la facture des locataires, l'électricité des communs correspond à un poste énergétique souvent non négligeable (environ 1000 MJ/ habitant d'énergie finale, soit 2900 MJ d'énergie primaire).

- L'énergie pour l'eau chaude représente une contribution non négligeable, elle est réduite de manière significative dans les quartiers du Crêt-Taconnet (-30%) et de Fontaines (-20%) grâce à l'utilisation de capteurs solaires thermiques.

#### 4.2.2. Energie pour le fonctionnement indirect du quartier

Afin d'avoir une approche d'écobilan à l'échelle du quartier, les limites du système ont été étendues à des énergies dues au fonctionnement indirect du quartier, qui ne sont souvent pas prises en compte dans des écobilans d'habitats. Ces énergies, outre l'énergie grise de l'eau, sont directement dépendantes de la structure du quartier, et donc offrent une bonne corrélation avec la variable centralité. (Figure 7).



**Figure 7** Energie pour le fonctionnement indirect du quartier

- L'énergie pour l'eau courante est basée sur les questionnaires donnant les consommations spécifiques des habitants. Cette énergie est convertie en énergie grise par les résultats de l'écobilan de Jung 2006. (Annexe 5). Par habitant, cette variable de consommation d'eau sera donc finalement plus élevée au centre de l'agglomération de Neuchâtel. L'explication pourrait être un moindre besoin en eau pour les enfants notamment. Le quartier de Savagnier fait exception, en raison d'une consommation particulièrement élevée dans un ménage.
- L'énergie pour l'entretien du quartier se base sur les plans de quartier et sur le nombre de mètres de routes intérieures du quartier. Cette énergie est alors directement liée au mode d'aménagement du territoire, et donc à la variable centralité. Dans les zones périurbaines, de nouvelles routes sont créées spécifiquement pour les villas, et influent négativement sur l'écobilan de ces dernières.
- L'énergie pour les déchets imputée au quartier est directement corrélée à la distance à l'incinérateur de la région urbaine de Neuchâtel. La variable centralité ressort dans cette approche, les habitations du Val de Ruz ont un impact supplémentaire indirect par la distance de leur quartier aux centres de retraitement des ordures ménagères.

### 4.2.3. Bilan pour l'énergie pour le fonctionnement du quartier

Après cette description des impacts de fonctionnement du quartier, il est nécessaire de comparer les valeurs. (Figure 8).

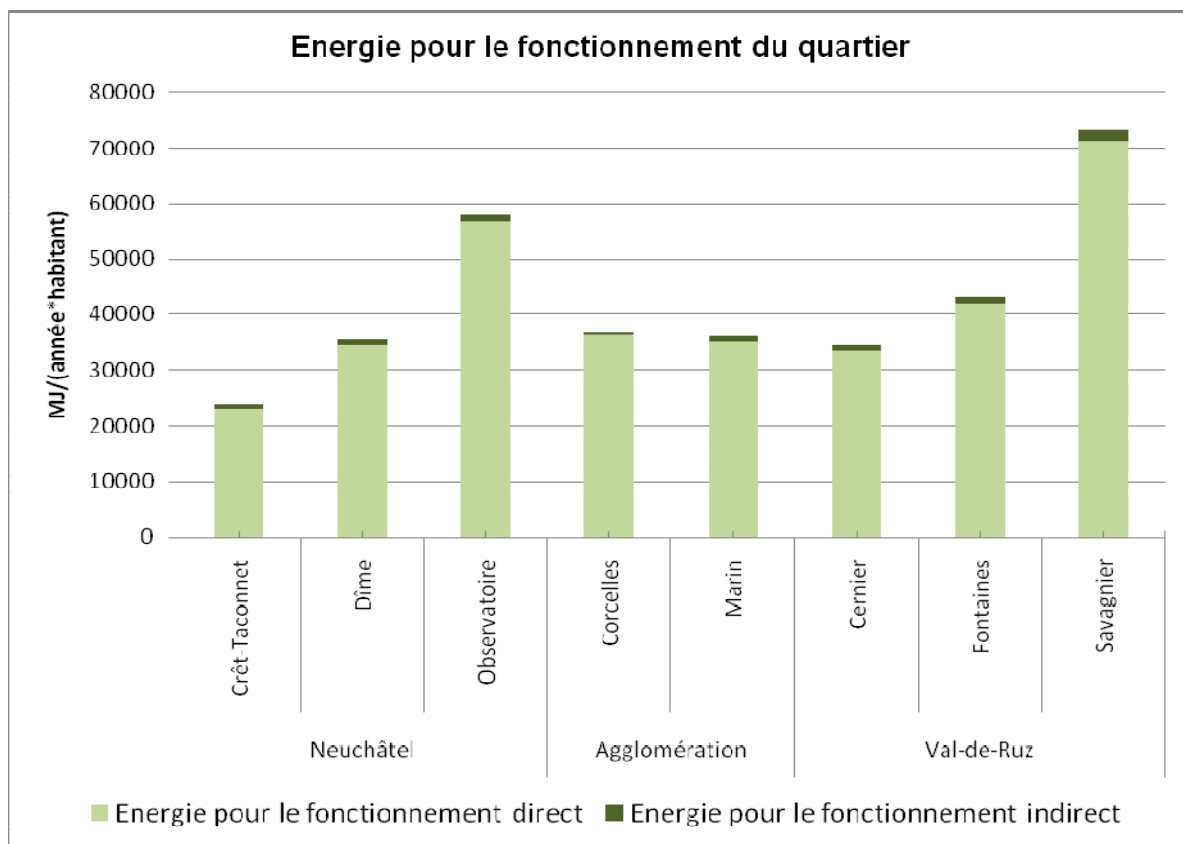


Figure 8: Energie pour le fonctionnement du quartier

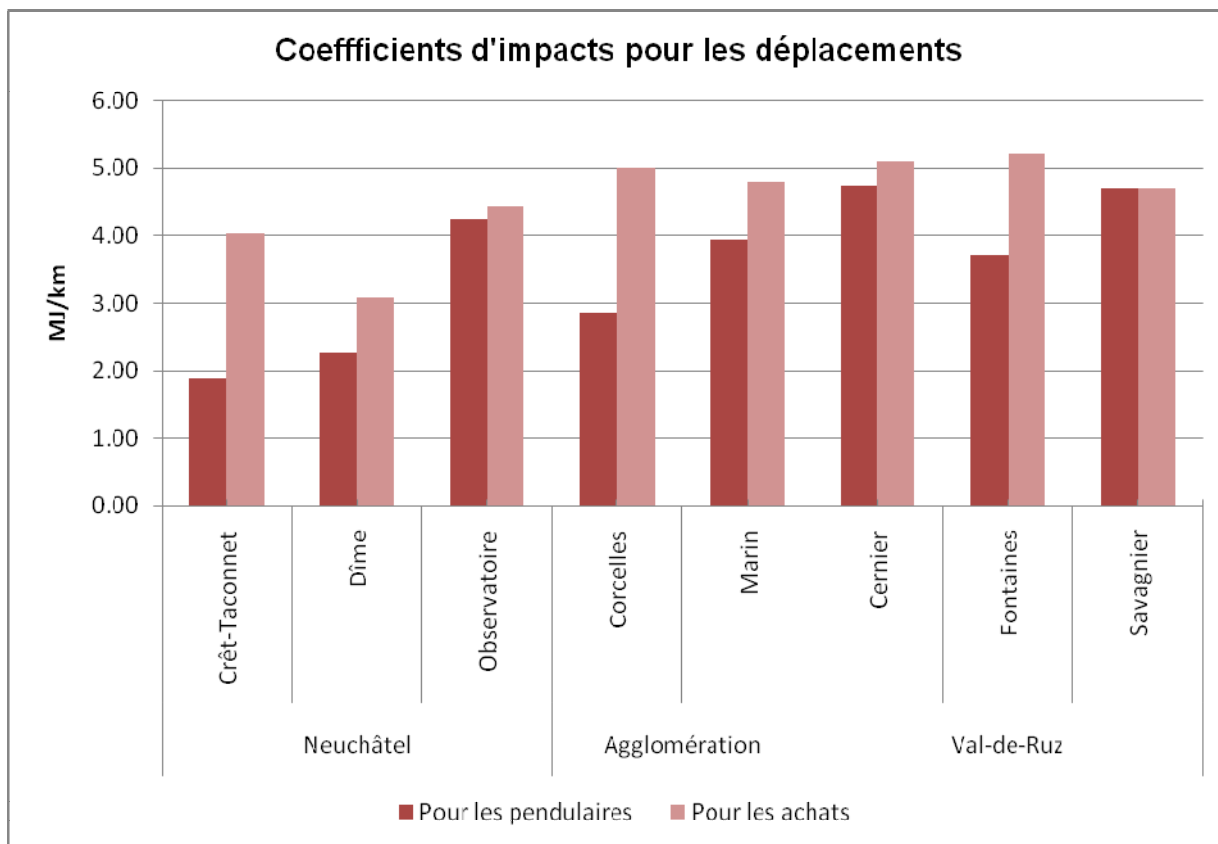
L'énergie pour le fonctionnement indirect ne représente que 4% des énergies du fonctionnement d'un quartier. Même en étendant les limites du système (prise en compte de l'entretien des réseaux d'électricité, de gaz), les ordres de grandeur resteraient les mêmes. Les impacts indirects comme les routes et réseaux intra quartiers, les déchets sont directement liés à la variable centralité.

Au final les énergies de fonctionnement ont une variabilité impressionnante dans notre échantillon et ne sont pas corrélées avec la variable centralité. En effet, outre Savagnier, les extrêmes sont présents au sein de la ville de Neuchâtel, avec un quartier économe en énergie, principalement sur les besoins de chauffage au Crêt-Taconnet, et un quartier plus énergivore à la rue de l'Observatoire. Par contre, les différences en termes de mode d'habitat et de centralité sont bien plus marquées, si l'impact par ménage est considéré (4.4.2). Avec cette unité, un logement sous forme de villa à la campagne sera environ 2 fois plus énergivore qu'un logement sous forme d'appartement en ville.

## 4.3. ENERGIE LIÉE À LA MOBILITÉ

### 4.3.1. Pondération des moyens de transport

Afin de déterminer la mobilité des habitants du quartier, les moyens de transport ont été évalués dans le questionnaire selon 5 modes. Si une voiture est utilisée, l'impact est pondéré selon la consommation de la voiture. Ainsi, on obtient pour chaque ménage un coefficient d'impact de la mobilité. (Figure 9).



**Figure 9:** Coefficients d'impacts pour les déplacements

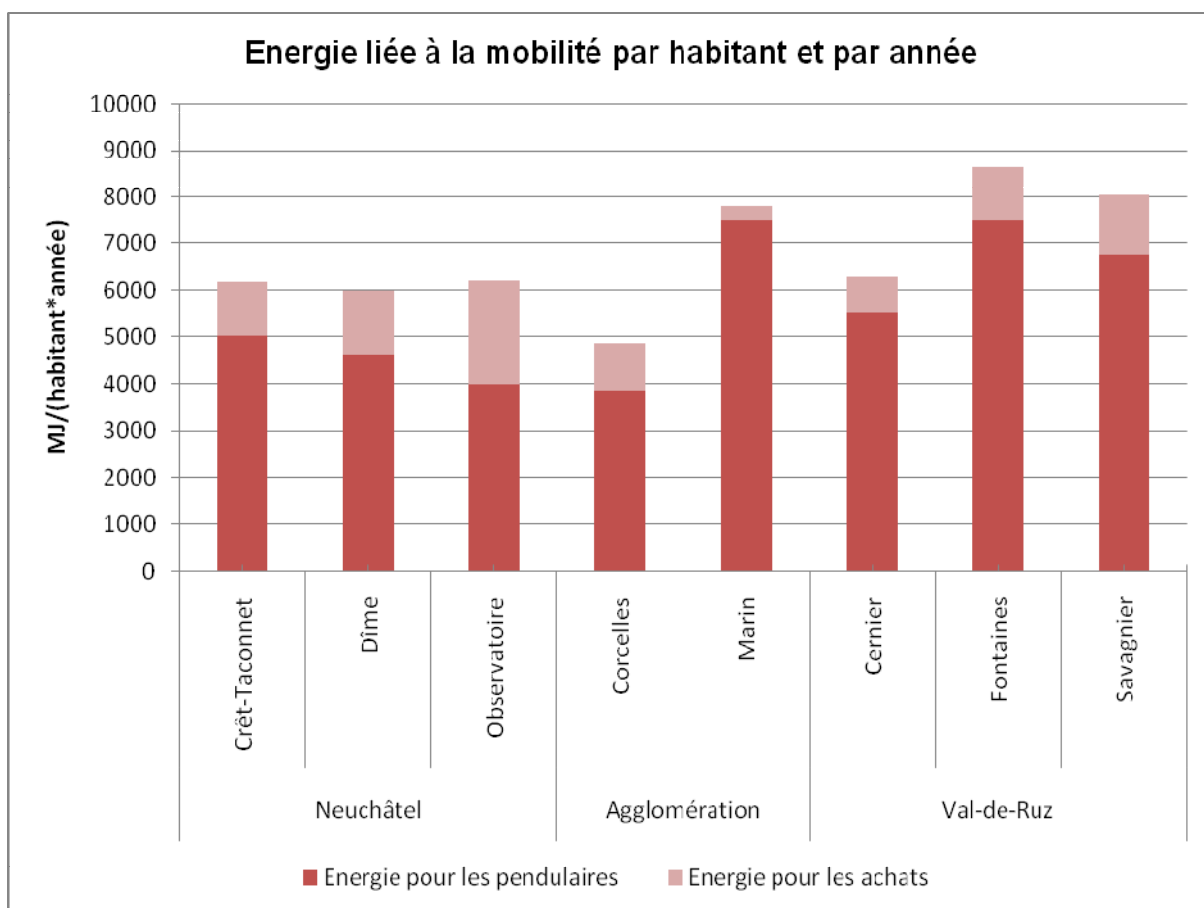
Un coefficient d'impact de l'ordre de 4MJ/km témoignera d'un ménage qui se déplace essentiellement en voiture. Un coefficient de l'ordre de 2 MJ/km témoignera d'une utilisation de transports en commun ou de déplacements à pied.

Il est intéressant de noter que pour les achats, la mobilité se fait essentiellement en voiture. Ce résultat est différent de l'étude de Microsis SA (2004) sur les transports basé sur le micro recensement 2000 dans le canton de Neuchâtel, qui dégageait une mobilité plus douce pour les achats que pour les pendulaires. Cette différence est probablement due à la configuration des quartiers au centre de Neuchâtel, qui n'ont souvent pas de centres commerciaux courant à proximité (moins de 500 mètres). Il serait intéressant de relever la distance en dessous de laquelle la mobilité pour les achats se fait à pied.

Pour les pendulaires, les quartiers urbains comme la Dîme ou Corcelles se démarquent. Les consommations élevées des voitures dans le quartier de l'Observatoire annulent les effets bénéfiques des transports en commun. Le quartier de Marin est moins bien desservi par rapport à celui de Corcelles en transport communs, la différence en terme de coefficient d'impact pour les pendulaires est alors directe.

#### 4.3.2. Résultats pour la mobilité imputés au quartier

La mobilité pour les pendulaires et les achats a été imputée directement aux quartiers et évaluée finement selon les modes de transport en fonction de la longueur réelle des trajets des habitants. Les données ont entre elles une très forte variabilité. Elles s'échelonnent entre des valeurs nulles pour un couple de retraités et au dessus de 30 000 MJ/an pour un célibataire qui effectue une distance de 40 km pour se rendre quotidiennement à son lieu de travail. (Figure 10).



**Figure 10: Energie liée à la mobilité par habitant et par année**

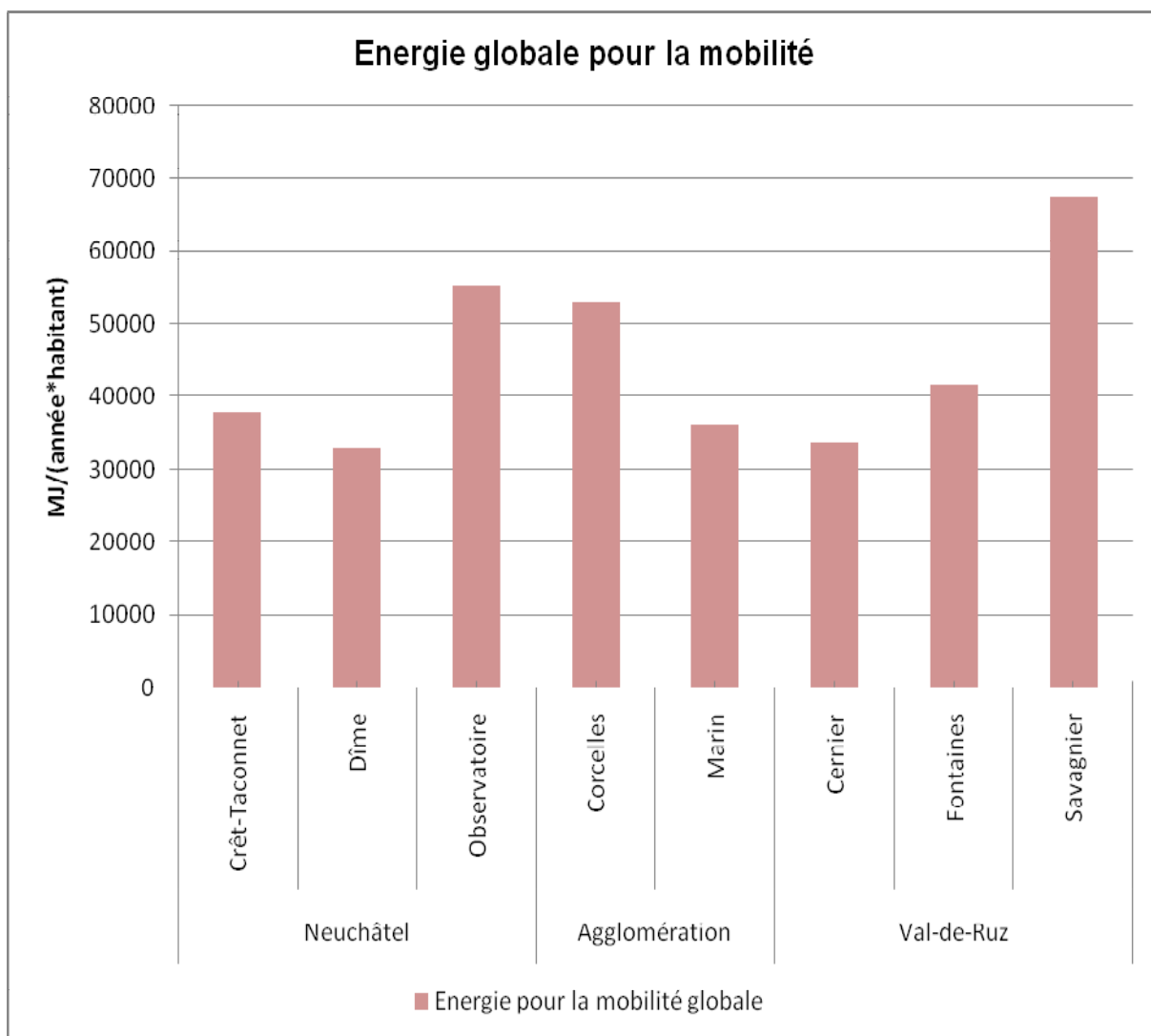
Une fois mis sous forme de moyennes les différences extrêmes sont lissées :

- Pour les pendulaires, l'effet de la variable centralité se ressent. Les quartiers situés au centre ville ont effectivement un impact moins élevé en matière d'énergie pour la pendularité. Le quartier du Crêt-Taconnet malgré son coefficient d'impact (figure 9) bien meilleur ne se distingue pas au final, car les distances parcourues sont élevées. Par exemple des couples travaillant un à Bienne, l'autre à Lausanne auront choisi ce quartier pour sa proximité avec la gare. Pour le quartier de Corcelles la part plus importante de retraités ramène le quartier au niveau, voir même légèrement en deçà des quartiers centraux pour les pendulaires. Les trajets pendulaires sont de l'ordre de 50% supérieurs pour les quartiers situés au Val-de-Ruz.
- Pour les achats, l'impact relatif est moins élevé. La proximité du quartier de Marin du centre logistique principal limite l'impact pour ce poste, mais ne compense pas la demi-mobilité pendulaire. La proximité de centres commerciaux dans le Val-de-Ruz limite l'impact de la variable centralité sur cet aspect.

#### 4.3.3. Résultats pour la mobilité globale

La mobilité globale a été déterminée par les consommations annuelles des voitures et des motos, multipliée par 1,103 pour obtenir le facteur correctif issu de l'étude de mobilité pour la SIA (Schneider 2006). En effet, d'après cette étude, la mobilité en voiture et moto représente respectivement 88,5% et 2,1% des dépenses énergétiques de mobilité en Suisse. Pour arriver à une dépendance équivalente globale, il y a donc lieu d'utiliser ce facteur de correction. Ce chiffre ne prend pas en compte les déplacements internationaux par avion.

Avec cette estimation de la mobilité globale pour chaque habitant, une comparaison avec les résultats de l'étude d'Econcept est possible. (Chap 5.1.4.). (Figure 11).



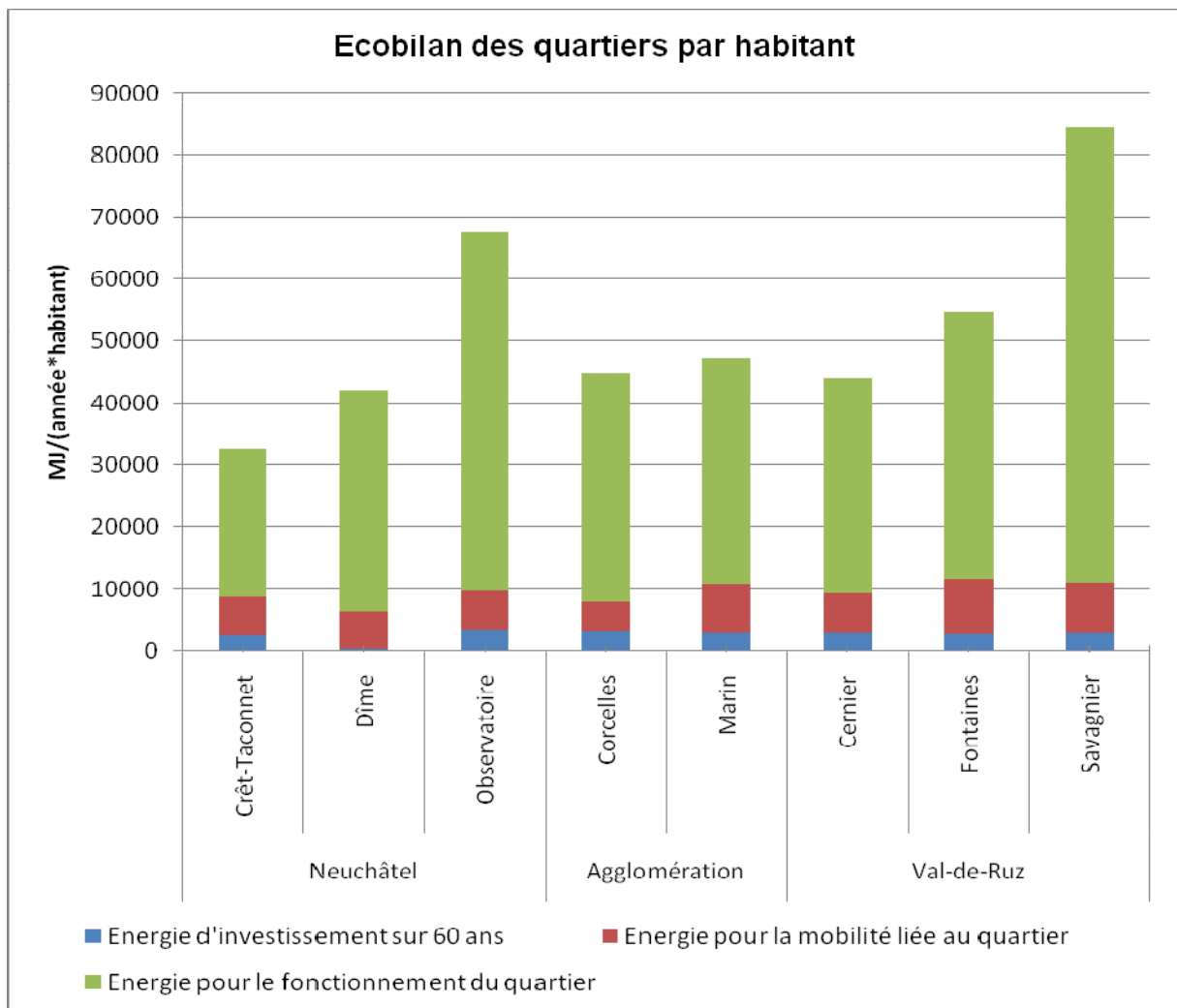
**Figure 11 : Energie globale pour la mobilité**

Au niveau de la mobilité globale, l'influence de la variable centralité est peu notable au niveau d'un écobilan par habitant. Pour le quartier de Savagnier, la mesure est peu significative en raison du manque de retour de questionnaires. Pour les autres quartiers, la division de l'impact par le nombre d'habitants des ménages comble les différences d'impacts entre les habitats urbains et périurbains,

#### 4.4. ECOBILAN DES QUARTIERS

##### 4.4.1. Ecobilan par habitant avec la mobilité imputée au quartier

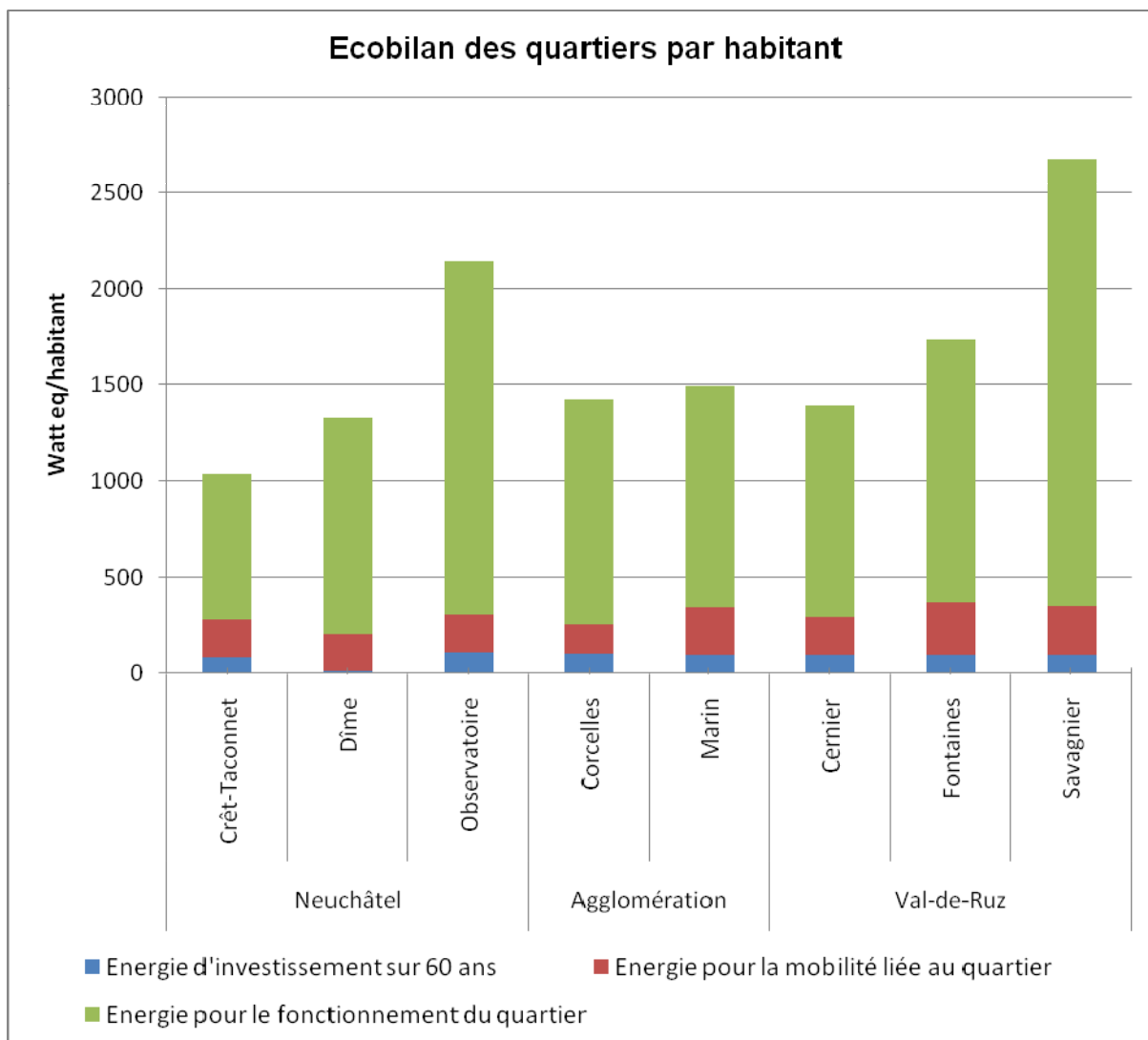
La somme des énergies d'investissement, de fonctionnement et de mobilité nous permet de donner les résultats sous la forme d'un écobilan d'un habitant du quartier pour ses impacts liés au quartier. (Figure 12).



**Figure 12 : Ecobilan des quartiers par habitant**

- L'énergie d'investissement, amortie sur 60 ans, ne représente que 8% de la dépense globale annuelle pour un quartier construit selon les préceptes du développement durable (Crêt-Taconnet). Les ordres de grandeur absolus sont semblables par habitants, mais dans le quartier de Savagnier cette part relative descend à 3%. Un investissement en ressources supplémentaire pour diminuer l'énergie de fonctionnement lors du cycle de vie du bâtiment est donc très rapidement amorti. Avec nos valeurs intégrant également l'énergie grise pour le fonctionnement, l'énergie d'investissement représente de 3 à 6 ans de fonctionnement du bâtiment. Une rénovation améliorant l'isolation comme au quartier de la Dîme est quant à elle amortie en terme d'énergie globale au bout d'un an seulement.
- L'énergie pour la mobilité, lorsqu'elle est limitée à la moitié de l'énergie pour les pendulaires [SIA 2006] et aux achats courants a tout de même un poids dans l'écobilan. Pour le quartier du Crêt-Taconnet elle représente 20% de l'impact, malgré une bonne centralité et une grande proximité de la gare. Pour des quartiers plus gourmands en énergie de fonctionnement, la part descend à 10%, et limite ainsi l'influence de la variable centralité sur l'écobilan global imputable au quartier.
- L'énergie pour le fonctionnement représente l'essentiel de l'impact. Celui-ci varie de 73% à 86% de l'impact global. Le quartier de Corcelles, à mobilité relativement limitée, a un écobilan légèrement meilleur que le quartier de Marin grâce à cette influence. Au final les quartiers de l'Observatoire et de Savagnier, avec leur consommation élevée en mazout, sont les lanternes rouges. Ces quartiers sont pourtant récents et théoriquement les bâtiments sont isolés correctement par rapport à des quartiers plus anciens non rénovés. Les besoins en chauffage ont un rôle encore plus significatifs dans des bâtiments plus anciens moins bien isolés. Ce résultat laisse entrevoir l'intérêt essentiel d'efforts au niveau de l'isolation dans les bâtiments plus anciens.

Afin d'améliorer la lecture des résultats, une conversion en équivalent watt dans la perspective de la société à 2000 W est faite. (Figure 13)

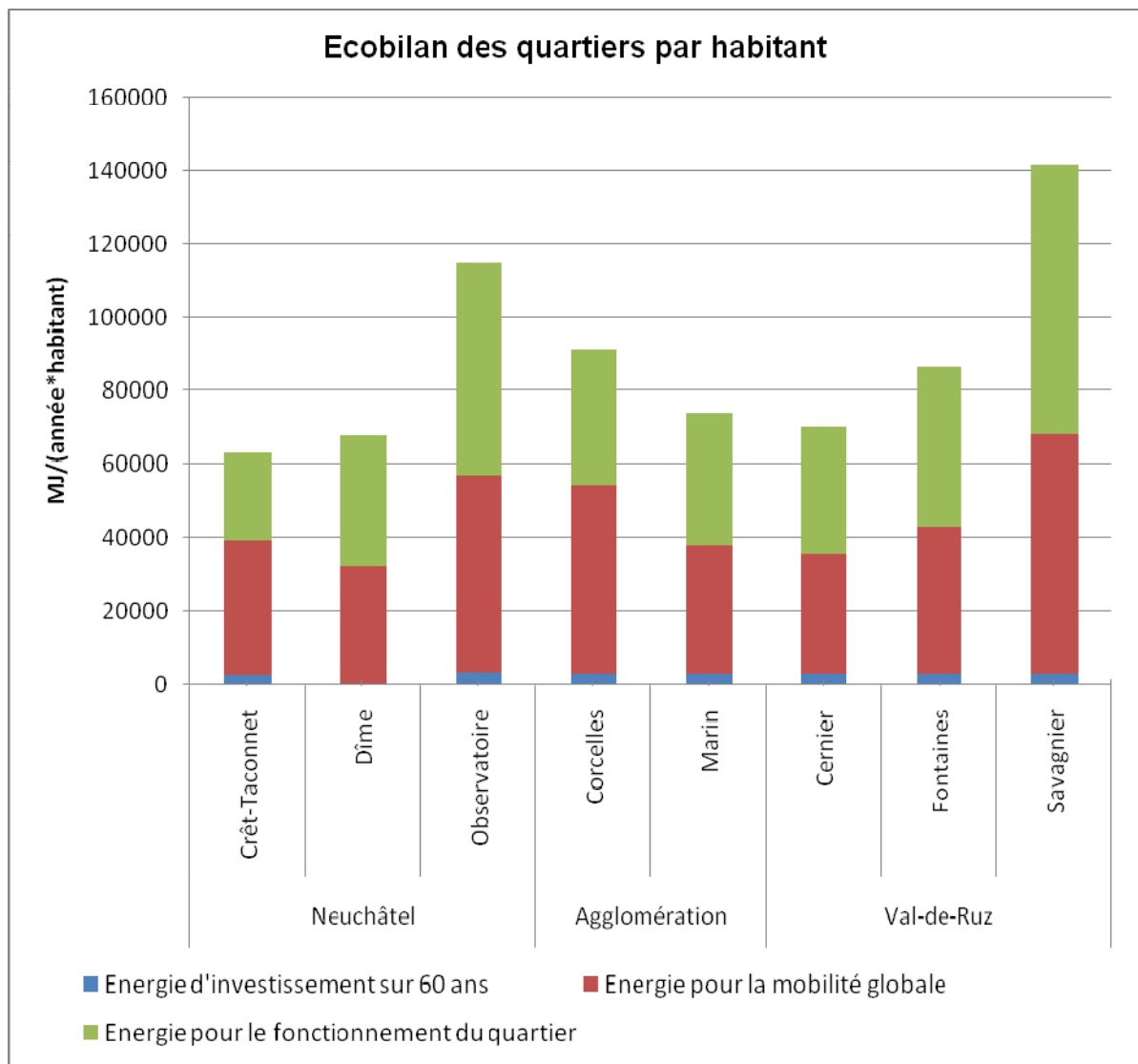


**Figure 13:** Ecobilan des quartiers par habitant

Nous pouvons remarquer que, bien que ces quartiers soient plutôt bien positionnés vis-à-vis des standards actuels (6000 W au total dont environ 2500 W imputables aux bâtiments d'habitations), le chemin est encore long vers la société à 2000 W. Le quartier du Crêt-Taconnet, à la pointe des standards de développement durable, se rapproche des objectifs en avoisinant les 1000 W. L'énergie électrique a, pour ce quartier, un impact considérable de 400 W avec le facteur de conversion retenu de 2,9 MJ/MJ consommé.

#### 4.4.2. Ecobilan par habitant avec la mobilité imputée au quartier

Afin de permettre une comparaison directe avec l'étude parallèle d'Econcept sur les quartiers, un écobilan avec la mobilité globale a aussi été mené. (Figure 14).



**Figure 14 : Ecobilan des quartiers par habitant**

Les chiffres diffèrent alors totalement, mais la hiérarchie n'est pas fondamentalement bouleversée. Seuls Corcelles et le quartier du Crêt-Taconnet se retrouvent relativement pénalisés. Là encore, l'effet de la variable centralité est difficile à appréhender.

Pour tous les quartiers la mobilité globale représente 46% de l'impact à l'exception du Crêt-Taconnet et de Corcelles où la part de la mobilité monte à 57%. Avec l'influence de la mobilité, le quartier du Crêt-Taconnet qui, sur l'écobilan final, se retrouve presque au niveau du quartier de la Dîme, dont les habitants sont moins gourmands en mobilité. Là encore le rôle des personnes âgées qui utilisent moins leur voiture a certainement une influence.

L'écobilan peut également se faire en watt équivalent dans la perspective de la société à 2000 W. (Figure 15).

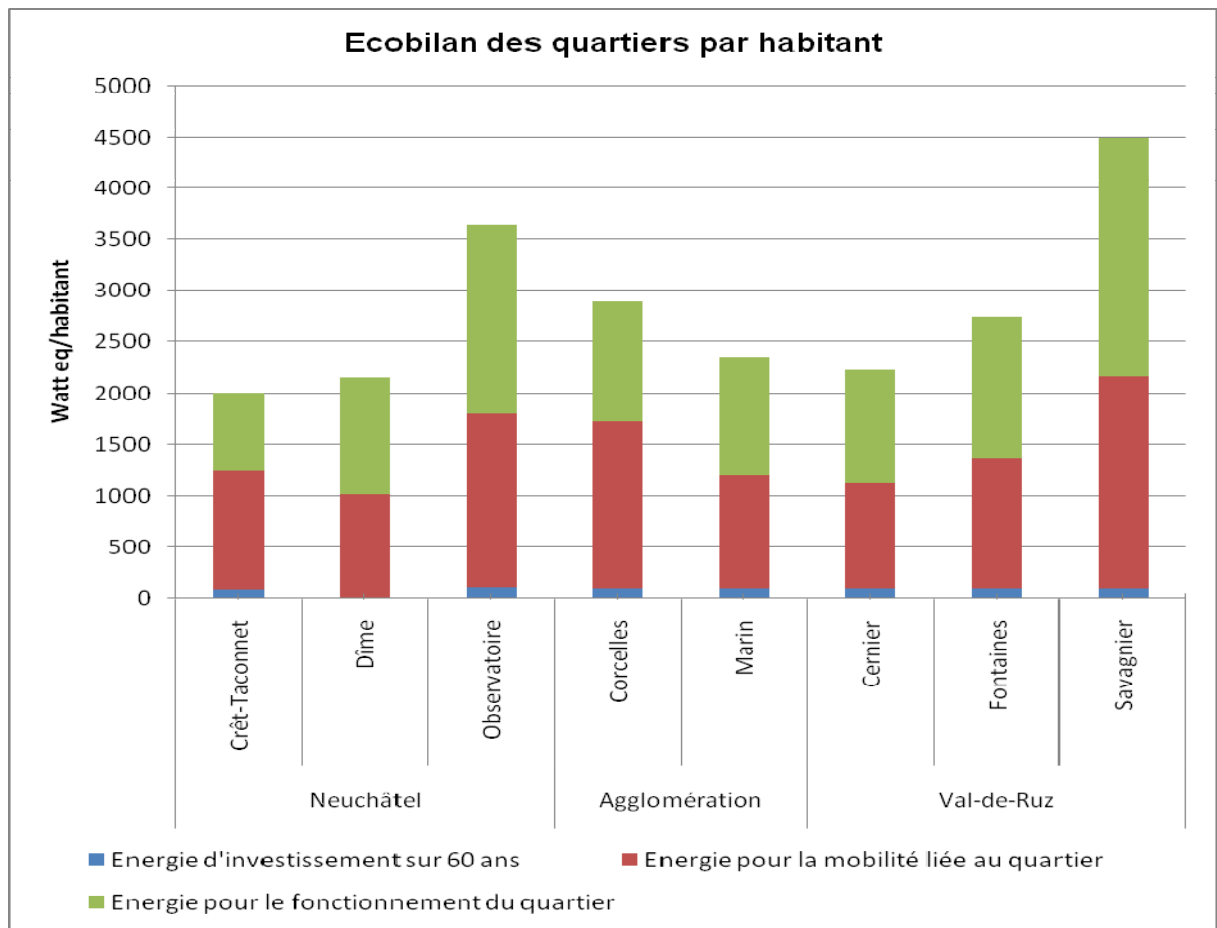


Figure 15 : Ecobilan des quartiers par habitant en Watt équivalents

En intégrant la mobilité totale, le chemin à parcourir vers la société à 2000 W paraît plus important. Les transports représentent effectivement, avec des frontières énergétiques élargies, plus de 1000 W par habitant pour tous les quartiers. Cette valeur monte même jusqu'à 1500 W pour les quartiers de l'Observatoire, Corcelles et 2000 W pour Savagnier.

#### 4.4.3. Ecobilan par ménage

On passe de l'écobilan par habitant à l'écobilan par ménage par une multiplication par le nombre de personnes par ménage établie selon les questionnaires. (Figure 16).

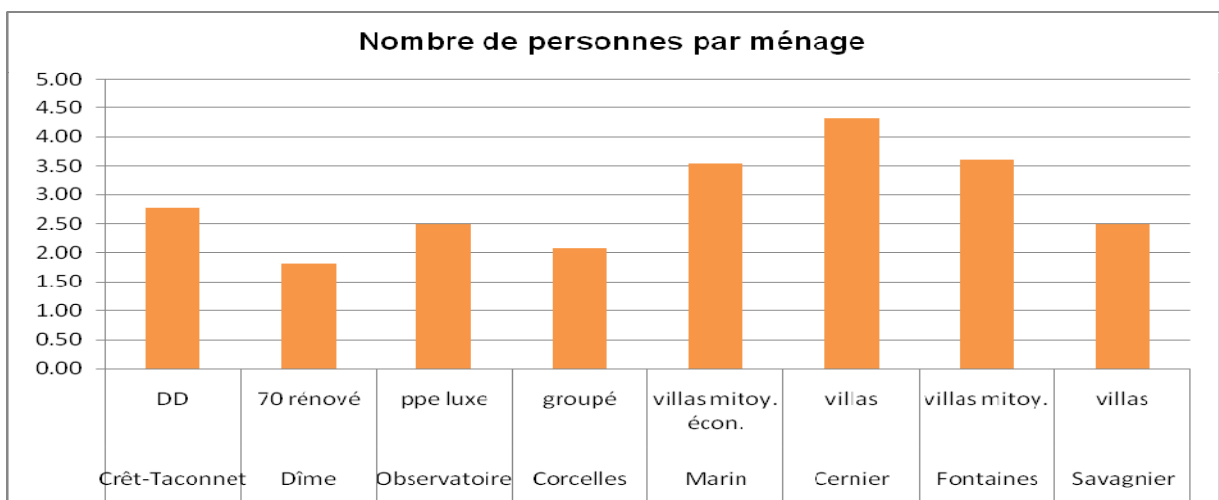


Figure 16: Nombre de personnes par ménage

La taille des ménages est assez bien corrélée au type d'habitat et donc, indirectement, à la variable centralité. Savagnier fait un peu exception. Les villas de Marin et du Val-de-Ruz ont clairement un impact limité du fait de leur nombre important d'habitants, allant jusqu'à une moyenne de 4,23 pour Cernier.

Rapporté à une estimation de l'impact par ménage, les chiffres sont beaucoup plus différenciés en fonction du type d'habitat et donc en fonction de la variable centralité. (Figure 17).

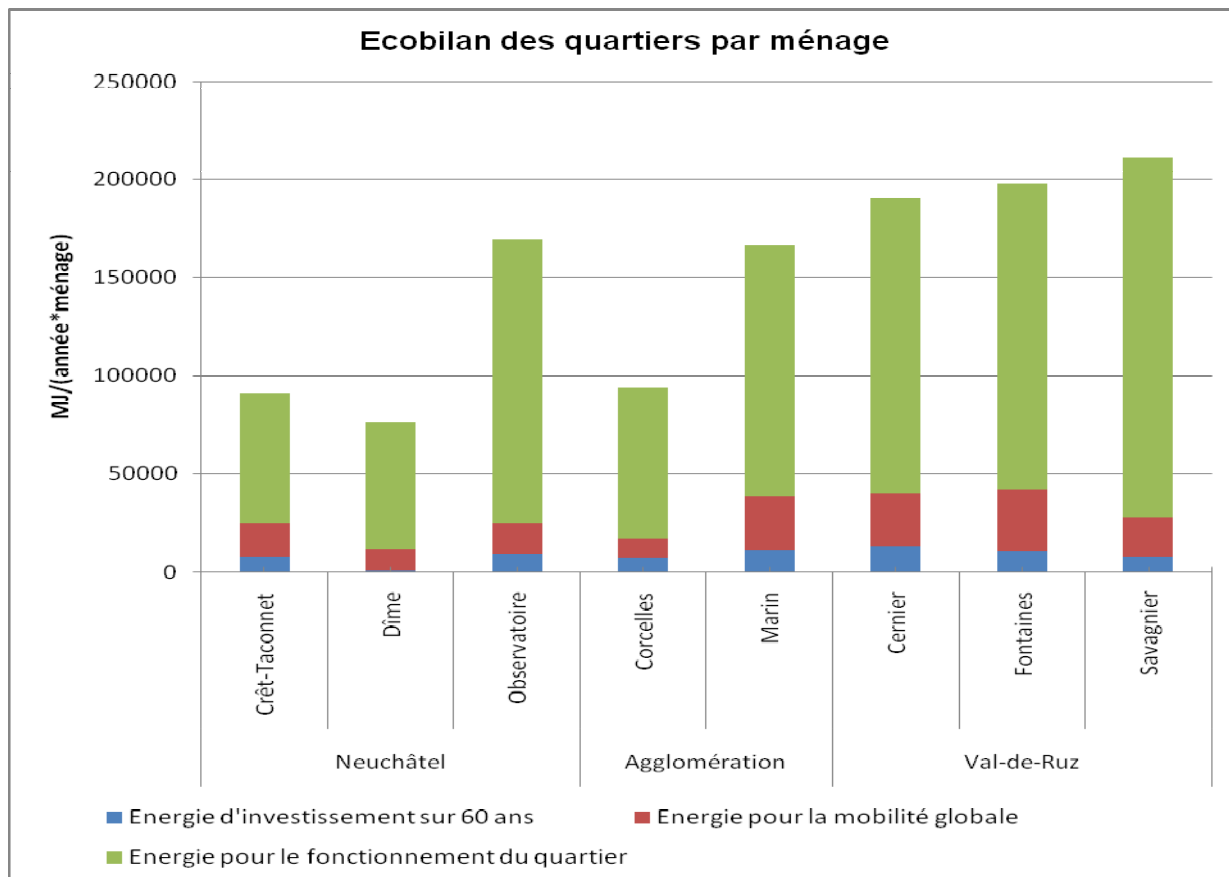


Figure 17: Ecobilan des quartiers par ménage

Les résultats sont beaucoup plus proches de l'estimation intuitive. Par ménage, si l'on excepte les résultats pour le quartier de l'Observatoire, les impacts des habitats groupés sont environ 2 fois moins grands. Pour les villas occupées par des familles, cette différence est compensée par les spécificités d'aménagement du territoire, par cette installation des familles en dehors de ville.

La différence est aussi manifeste au niveau des transports, les impacts étant plus importants pour les ménages du Val-de-Ruz.

Dans une perspective à l'horizon 2035, cet impact par ménage est important, car les enfants auront quitté les habitations, et le nombre de personnes par ménage diminuera sensiblement pour les quartiers du Val-de-Ruz. Il en ressortira donc des écobilans par habitants nettement moins bons pour les habitants des zones périurbaines, et une influence plus importante de la centralité.

En ajoutant la mobilité globale, la tendance se dessine encore plus nettement. (Figure 18).

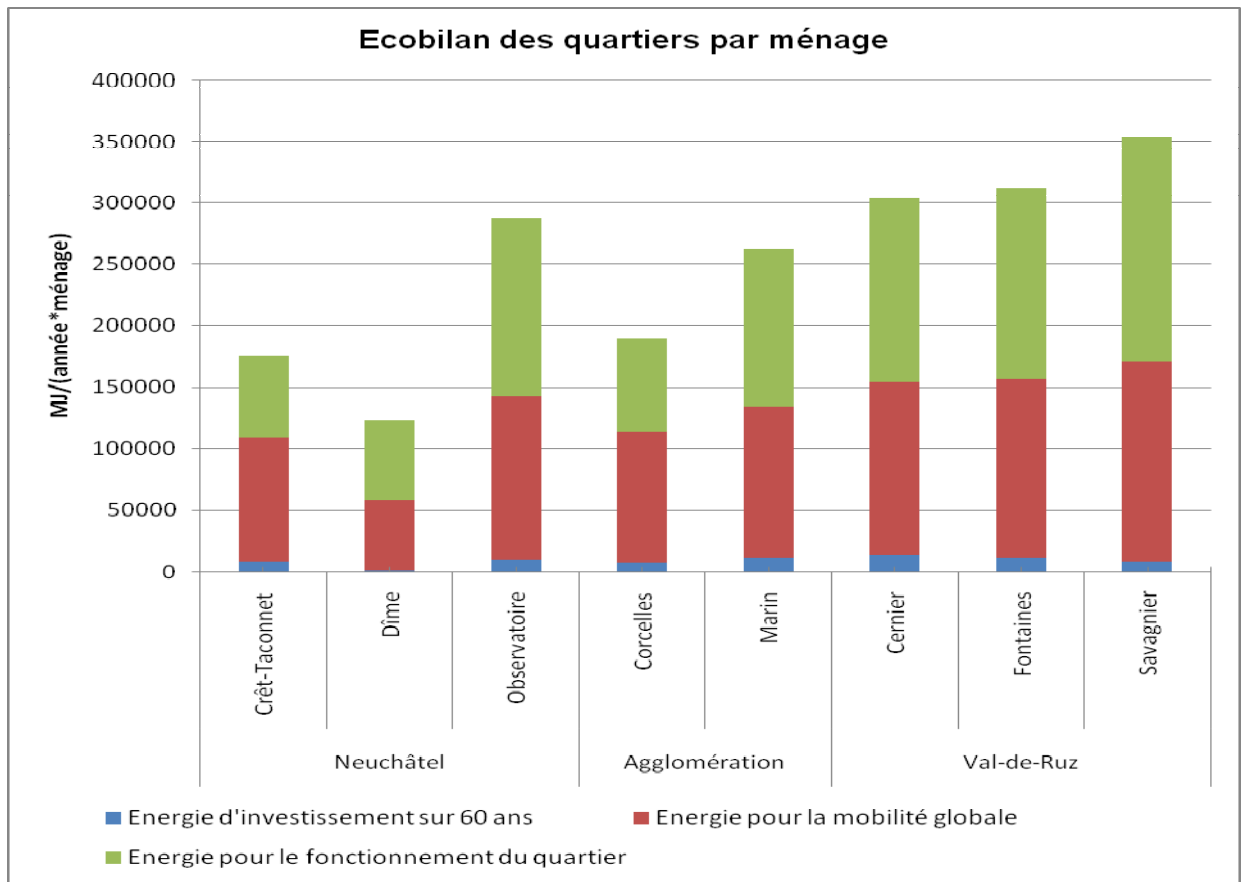


Figure 18: Ecobilan des quartiers par ménage

En termes de mobilité globale par ménage, les quartiers du Val-de-Ruz ont un impact plus élevé que le quartier de l'Observatoire. Les résultats assez élevés de celui-ci en termes de mobilité vis-à-vis de la bonne centralité sont dus à l'utilisation de véhicules gourmands en énergie qui augmentent considérablement le coût de la mobilité par kilomètre. Mis à part le quartier de l'Observatoire, cette forme d'écobilan est celle qui donne les résultats les plus proches de la vision intuitive de la figure 2.

#### 4.4.4. Ecobilan par mètre carré

Pour se conformer aux indicateurs usuels, l'écobilan peut être traduit ensuite en impact par m<sup>2</sup>. (Figure 19).

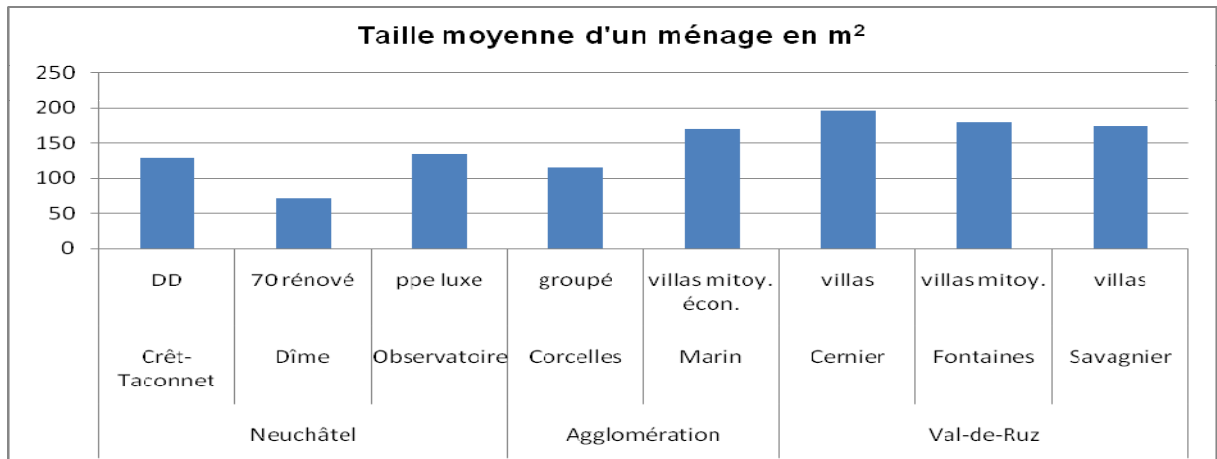


Figure 19: Taille moyenne d'un ménage (logement) en m<sup>2</sup>

Les valeurs des quartiers sélectionnés s'échelonnent entre 70m<sup>2</sup> et 200m<sup>2</sup> par ménage en raison des différents types d'habitats. Dans ce domaine, les appartements de la Dîme se démarquent car ce sont les seuls à avoir une taille par ménage inférieure à 70m<sup>2</sup>.

Si les surfaces sont ramenées à une surface par personne, les différences sont moins marquées. (Figure 20).

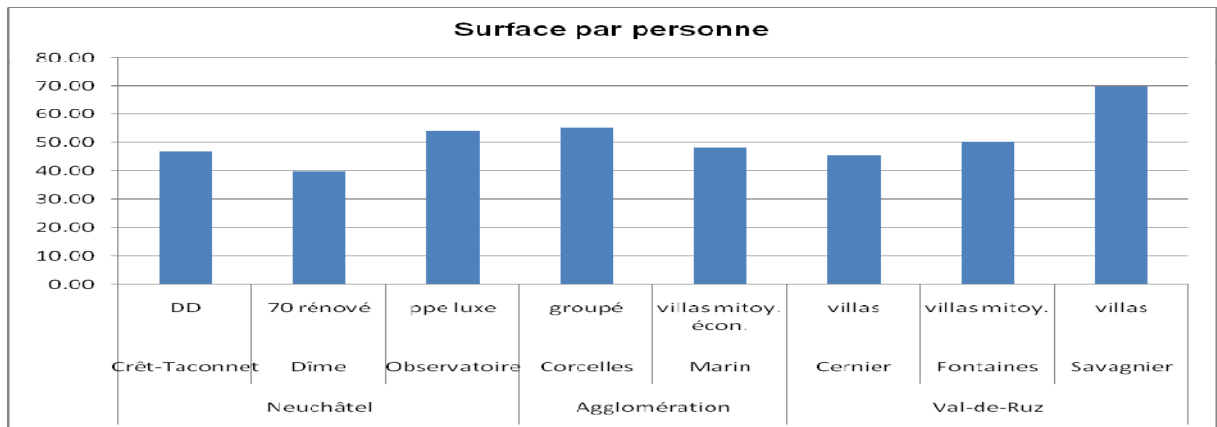


Figure 20: Surface par personne

Si l'on excepte le quartier de Savagnier où les données sont partielles, les surfaces sont relativement homogènes de 40m<sup>2</sup> à 55 m<sup>2</sup>. Le type d'habitat importe peu pour cet indicateur, et le quartier de Corcelles a finalement un nombre de m<sup>2</sup> assez élevé par personne, notamment en raison de personnes âgées vivant seules dans leur logement.

Ainsi, un écobilan par m<sup>2</sup> est obtenu (Figure 21).

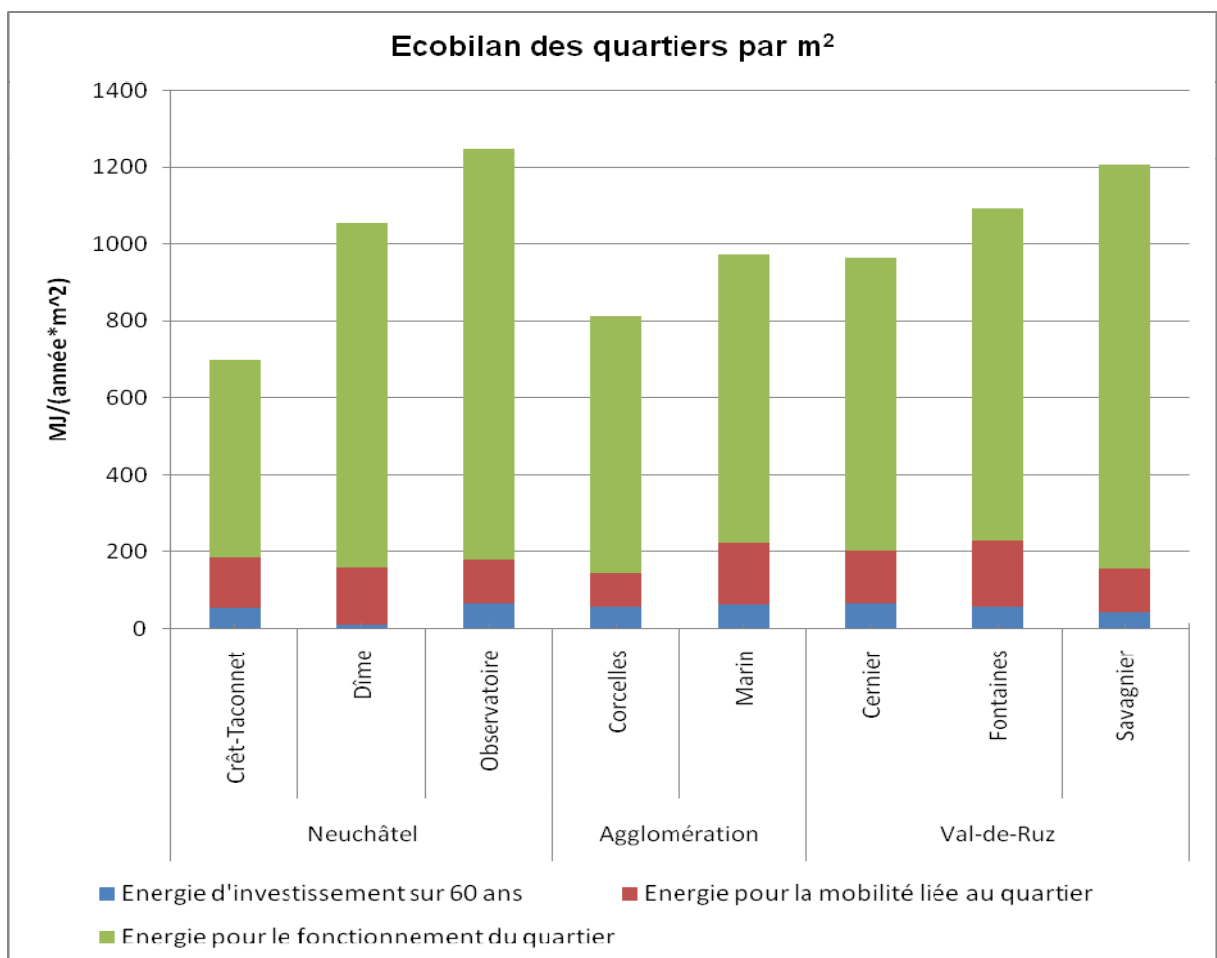


Figure 21: Ecobilan des quartiers par m<sup>2</sup>

Les résultats sont proches et aucune corrélation avec la variable centralité n'apparaît. Le quartier de Crêt-Taconnet se distingue légèrement, mais son nombre d'habitant par mètres carrés dans la fourchette basse joue en sa défaveur. A l'inverse avec cet indicateur, le quartier de Savagnier retrouve des niveaux similaires aux autres quartiers... Concrètement une personne seule vivant dans une maison aura, par cette approche, un bon coefficient d'impact par m<sup>2</sup>. Il semble ainsi important que les écobilans globaux restent exprimés par individu.

Les résultats sont similaires si toute la mobilité est intégrée. (Figure 22).

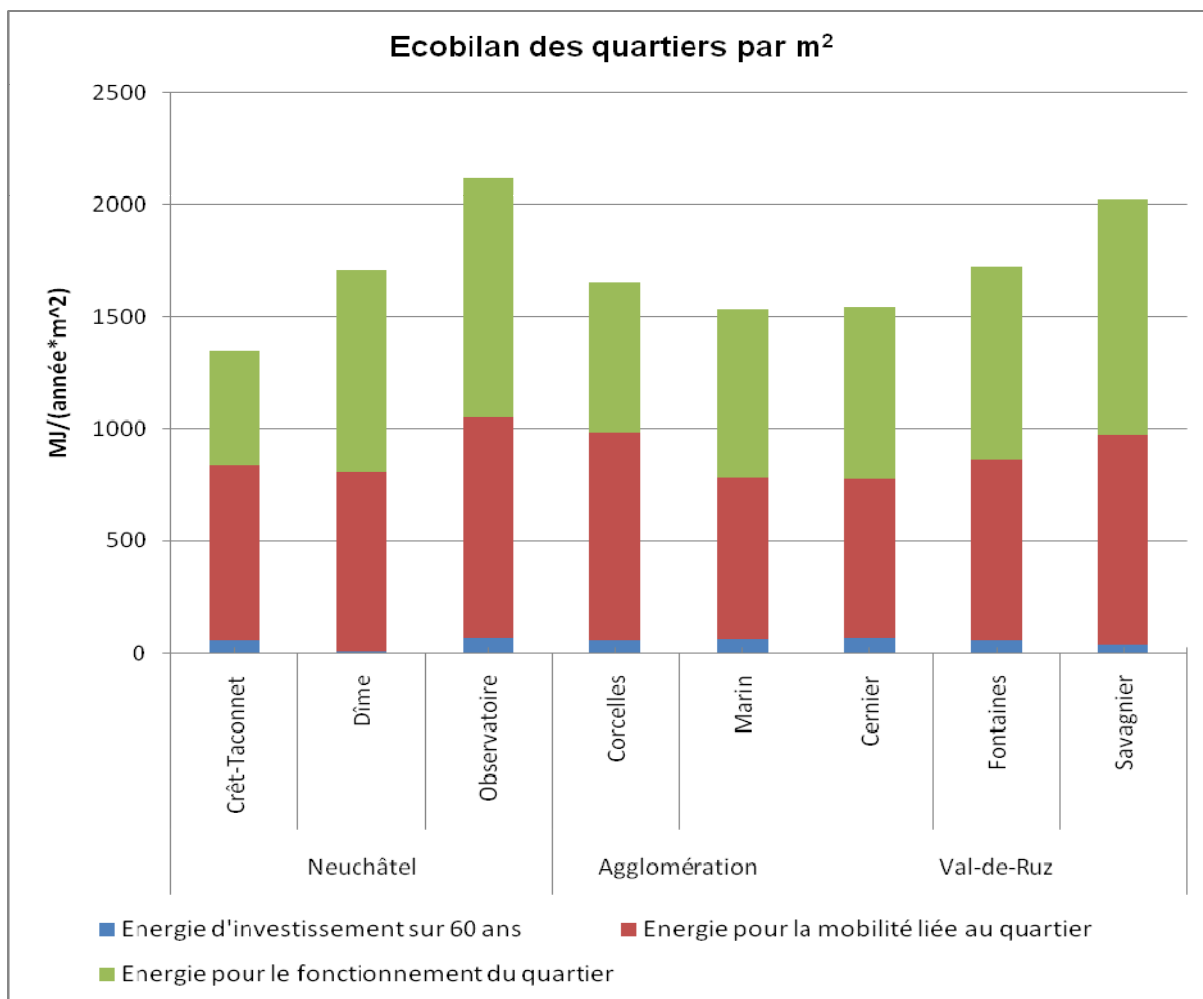


Figure 22: Ecobilan des quartiers par m<sup>2</sup>

L'écobilan intégrant la mobilité globale suit la même tendance. En prenant l'indicateur par m<sup>2</sup>, les différences de surfaces entre quartiers compensent les différences d'écobilan par logement. Le quartier de la Dîme se retrouve par exemple pénalisé par sa compacité. Les quartiers de l'Observatoire et de Savagnier restent au-dessus en termes d'impacts, et l'effet de la variable centralité ne ressort pas pour les autres quartiers.

## 5. Discussion

### 5.1. DISCUSSION DES RESULTATS

Dans cette partie, tous résultats précédents sont confrontés à des documents faisant référence dans leur domaine afin de valider la justesse des résultats de l'étude de cas.

#### 5.1.1. Discussion des données pour l'énergie d'investissement

L'évaluation des données relatives à l'énergie d'investissement a été réalisée à l'aide de la méthode SNARC, qui permet d'estimer cette valeur sur la base de données synthétiques différenciées par type de construction. Une comparaison a été réalisée avec les résultats obtenus dans le cadre d'une autre recherche sur le quartier Gare/Crêt-Taconnet sous l'angle de différents indicateurs de développement durable [Rey 2006].

Le tableau ci-après présente les données d'énergie d'investissement obtenues à l'aide de la méthode SNARC appliquée à l'un des bâtiments d'habitation du quartier Gare/Crêt-Taconnet, représentatif des constructions dans ce quartier. La durée d'amortissement proposée dans la méthode SNARC est de 30 ans pour l'ensemble du bâtiment, afin de pouvoir être comparée avec une installation de chauffage. Dans un souci de précision, une recherche sur les données neuchâteloises [OFS 2006] a révélé que la durée de vie d'un bâtiment dans le canton de Neuchâtel était supérieure à 60 ans.

Energie d'investissement selon SNARC	GJ	GJ/an (30 ans)	GJ/an (60 ans)
Ressources pour le terrassement	968	32.3	16.2
Ressources pour le gros œuvre	12'631	421.0	210.5
Ressources pour les aménagements extérieurs	1'839	61.3	30.6
<b>Total selon SNARC</b>	<b>15'438</b>	<b>514.6</b>	<b>257.3</b>

Tableau 6 : *Energie d'investissement pour le quartier Gare/Crêt-Taconnet estimé à l'aide de la méthode SNARC*

Le calcul correspond aux résultats obtenus dans le cadre d'un écobilan plus complet réalisé notamment à l'aide d'une version pilote du logiciel Eco-bat développé par le LESBAT à la Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud à Yverdon-les-Bains [Eco-bat 2006]. Ce calcul a permis d'obtenir des résultats plus précis, en intégrant une série d'informations récoltées auprès d'entreprises de construction. Ceci permet de tenir compte non seulement de la durée de vie des éléments, mais aussi des différents transports utilisés (type, distance), des taux de pertes et des processus d'élimination en fin de vie.

La durée de vie prise en compte pour ce bâtiment est de 60 ans. Elle a été fixée en se basant sur la durée de vie donnée en référence pour un immeuble d'habitation [OCF 1995]. La valeur qui peut être comparée avec les résultats donnés par SNARC est l'énergie primaire non renouvelable estimée pour les phases de l'écobilan hors de celle de l'exploitation proprement dite du bâtiment, soit les phases dénommées "Construction", "Utilisation" et "Démolition" dans le tableau ci-après. (Tableau 7).

Phases	Données à prendre en compte	Sources
<b>Construction</b>		
- Fabrication	Matières premières. Energie pour les processus de fabrication. Transport jusqu'au lieu de fabrication.	Base de données relatives à l'énergie grise des matériaux.
- Préfabrication	Transport jusqu'à l'entreprise de préfabrication. Processus de préfabrication (incl. pertes).	Données des fournisseurs et des entreprises.
- Mise en place	Transport jusqu'au chantier (incl. pertes). Mise en place sur le chantier (incl. pertes).	Données des entreprises. Consommation du chantier.
<b>Utilisation</b>		
- Maintenance	Entretien courant du bâtiment.	Peu de données disponibles.
- Remplacement	Démontage et remplacement des différents éléments pendant la durée de vie du bâtiment. Transport jusqu'aux lieux d'élimination.	Données relatives à la durée de vie des éléments, par ex. [OCF 1995].
<b>Démolition</b>	Démontage et démolition. Transport jusqu'aux lieux d'élimination (recyclage, mise en décharge ou incinération).	Peu de données disponibles. Données des entreprises de démolition et de recyclage.

Tableau 7 : Données significatives pour le calcul de l'énergie primaire non renouvelable hors énergie d'exploitation

Le calcul de l'immeuble situé dans le quartier Gare/Crêt-Taconnet, dont les résultats sont synthétisés ci-dessous, est basé plus spécifiquement sur les sources suivantes :

#### Excavation

Les impacts ont été évalués sur la base d'une estimation quantitative de la masse des matériaux excavés et remblayés. Ce calcul estimatif inclut un transport des matériaux par camion sur une distance de 10 km [Holliger 2006].

#### Construction / Utilisation / Démolition

Les impacts ont été calculés à l'aide d'Eco-bat sur la base d'une décomposition du bâtiment en 25 éléments, réalisés par divers calculs estimatifs à partir des plans et des détails d'exécution.

A noter qu'un certain nombre d'installations techniques n'ont pas été incluses dans le calcul, faute de données aisément disponibles. Il s'agit en particulier des installations électriques (courant fort et faible), des installations de chauffage (production, émission, distribution), des monoblocs de ventilation, des appareils sanitaires et des ascenseurs.

Relevons qu'un calcul des impacts générés par l'énergie électrique consommée spécifiquement pour le chantier a également été intégré à la phase "Construction". En tenant compte de la SRE et de la durée de vie du bâtiment, il est cependant intéressant de relever que celle-ci peut être considérée comme négligeable, car inférieure à 1 ( $\text{MJ/m}^2_{\text{SREa}}$ ).

Energie primaire non renouvelable	$\text{MJ/m}^2_{\text{SREa}}$	GJ/an (60 ans)
Excavation	2	9.9
Construction	46	228.6
Utilisation	13	64.6
Démolition	9	44.7
<b>Total selon analyse détaillée du cycle de vie</b>	<b>70</b>	<b>347.8</b>

Tableau 8 : Energie primaire non renouvelable pour le quartier Crêt-Taconnet

On remarque que la valeur obtenue dans le cadre de l'analyse détaillée du cycle de vie du bâtiment est de **347.8 GJ/an**, et celle donnée par la méthode SNARC de **257.3 GJ/an**. Cette différence de l'ordre de 30% met en évidence des variations significatives qui sont observées à l'heure actuelle en matière d'écobilans en fonction des données utilisées et des hypothèses méthodologiques. Cette différence peut s'expliquer par le fait que SNARC ne prend pas en compte les impacts d'utilisation et de maintenance du bâtiment, qui représente une contribution de 109,3 GJ/an à l'écobilan référencé.

Ce constat rejoint celui fait dans d'autres études, à savoir que les outils pour le calcul d'écobilans détaillés dans la construction sont encore en plein développement et qu'un certain déficit se manifeste au niveau des résultats disponibles. Comme le relèvent M. Kochenz et A. Pfeiffer, il n'existe que peu de calculs établis selon des méthodologies totalement comparables. A titre d'exemple, ces derniers relèvent que les valeurs publiées dans le domaine du logement présentent un spectre particulièrement large, qui s'étend de 1'800 à 4'300 [MJ/m<sup>2</sup><sub>SBP</sub>] [Kochenz 2005].

Néanmoins malgré cette incertitude des valeurs des énergies de fonctionnement, la contribution de cette énergie à un écobilan global reste inférieure à 5% quand le bâtiment est énergétiquement amorti sur 60 ans. Une méthode précise de chiffrage n'est donc pas une priorité. L'accent doit être mis, comme c'est le cas pour SNARC sur l'impact relatif de différentes options, et surtout sur les énergies de fonctionnement qui découleront de l'architecture du bâtiment. Il paraît essentiel de se préparer à investir économiquement et écologiquement quelques pourcents de plus, pour économiser chaque année d'importantes quantités d'énergie de fonctionnement.

### 5.1.2. Discussion des données pour la mobilité

En Suisse, les micro-recensements transport font référence pour documenter la mobilité nationale. Ceux-ci distinguent différents motifs de déplacements, dont les principaux sont les pendulaires, les achats et les loisirs. D'autres motifs sont aussi représentés comme la formation, les déplacements professionnels et les accompagnements.

Dans le canton de Neuchâtel, MicroGIS a analysé les données du sur-échantillonnage neuchâtelois et publié un rapport sur les spécificités neuchâteloises en termes de transports basées sur le micro-recensement 2000. Le rapport basé sur le micro-recensement 2005 n'est, au moment de la rédaction de ce rapport, pas encore disponible.

Les résultats de ces études pour les pendulaires, les achats et la mobilité globale sont récapitulés dans le tableau 9.

Motifs de déplacements		Micro-recensement 2005		Micro-recensement 2000		Analyse neuchâteloise	
Achats	km/jour	4.3	11.5%	4	10.8%	5.6	16.7%
Pendulaires	km/jour	8.7	23.3%	8.8	23.7%	8.9	26.6%
Autres	km/jour	24.3	65.1%	24.3	65.5%	19.0	56.7%
Total	km/jour	37.3	100.0%	37.1	100.0%	33.5	100.0%

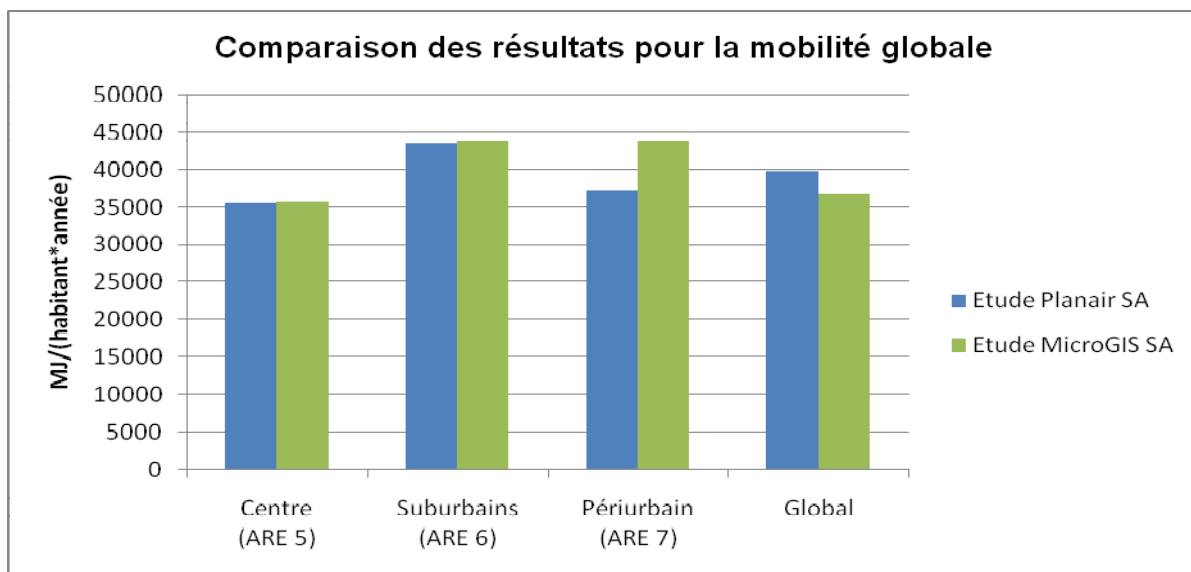
Tableau 9 : Mobilité d'après les micro-recensements

La première conclusion à tirer se situe au niveau des achats. Dans notre étude, les achats courants ne représentent que 5% de la dépense énergétique pour la mobilité, malgré une utilisation régulière de la voiture (coefficient d'impact élevé). Nos questionnaires ne nous fournissent pas la mobilité pour les achats globaux, mais pour les achats courants, dans les commerces les plus proches. Les achats courants ne sont pas les achats les plus significatifs en termes d'impact car les distances sont courtes.

Le canton de Neuchâtel est moins gourmand en mobilité que les autres cantons, notamment avec une mobilité professionnelle très réduite (2,2 km inférieure à la moyenne journalière suisse). Cependant le canton est au-dessus de la moyenne en ce qui concerne les achats. Un phénomène assez courant dans le canton de Neuchâtel sont des achats périodiques en France pour des raisons de prix. Cela implique une tendance à augmenter le poste achats dans le canton en regard de la moyenne suisse.

Pour cette raison, les données achats ne sont pas directement confrontées aux données des micro-recensements dans la suite de cette partie.

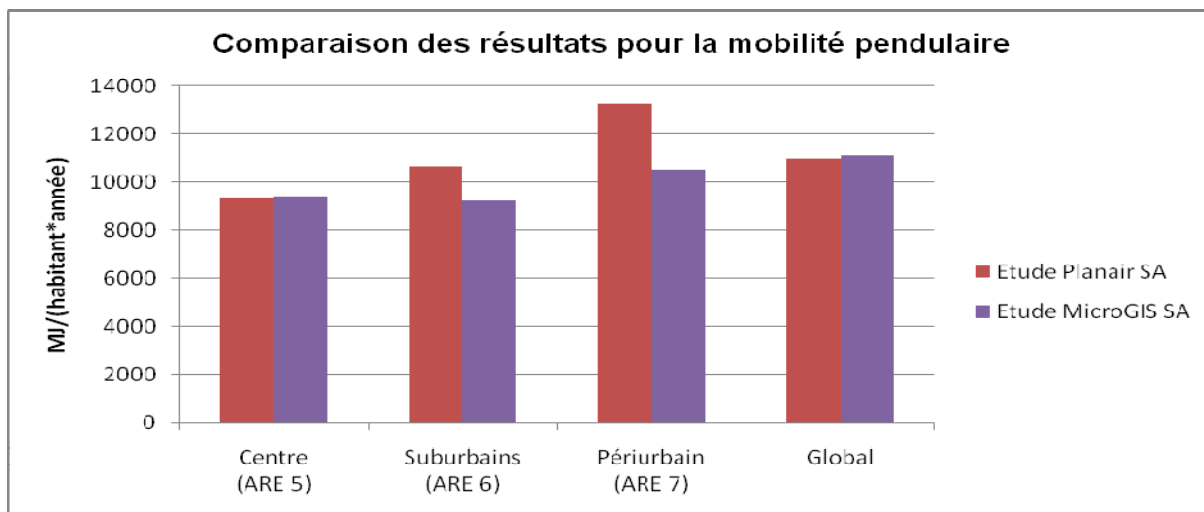
Afin de comparer les résultats de notre enquête, les valeurs kilométriques de l'étude neuchâteloise de MicroGIS ont été converties en énergie primaire avec les coefficients du tableau 4 et les statistiques associées sur les modes de transport de la population neuchâteloise. D'autres part, les données des quartiers ont été regroupées par type de zone, urbain pour Neuchâtel (ARE 5), suburbain pour l'agglomération (ARE 6) et périurbain pour le Val-de-Ruz (ARE 7). Ainsi, les valeurs d'énergie globale pour la mobilité peuvent être comparées entre cette étude (Etude Planair SA) et l'étude MicroGIS SA (2004). Le poste global donne soit la valeur moyenne de notre étude, soit la valeur selon MicroGIS SA pour le canton de Neuchâtel. Pour la zone périurbaine du Val-de-Ruz, notre étude révèle une valeur environ 15% inférieure aux résultats du micro-recensement de MicroGIS SA (Figure 23).



**Figure 23:** Comparaison des résultats pour la mobilité globale

Les chiffres pour l'agglomération neuchâteloise ont une très bonne cohérence. Deux raisons peuvent être évoquées. La première est que la zone périurbaine dans l'étude de MicroGIS SA est plus large et englobe aussi des villages plus isolés et le Val-de-Travers. La seconde est que la zone du Val-de-Ruz incluse dans notre étude a une densité d'habitants par ménage particulièrement élevée, ce qui limite l'impact global. Pour celui-ci, la moyenne neuchâteloise est en deçà de nos résultats. Cet écart est dû à la ville de La Chaux de Fonds dont les habitants ne parcourent que 23,89 km en moyenne par jour.

Les valeurs d'énergie pour les pendulaires peuvent également être comparées. (Figure 24).



**Figure 24:** Comparaison des résultats pour la mobilité pendulaire

Les résultats bien que du même ordre de grandeur différent pour les déplacements pendulaires dans les zones suburbaines et périurbaines. Alors que notre étude montre des résultats intuitifs en fonction de la variable centralité, l'étude MicroGIS n'offre pas de corrélation apparente. Cet écart est encore certainement dû à la différence de limites des zones géographiques.

Une comparaison a été faite également avec l'étude d'Econcept basée sur les zones de typologie urbaines usuelles ARE 5, 6 et 7.

Par rapport à l'étude Econcept 2006, un facteur de conversion incluant les énergies grises des transports est nécessaire. En effet, dans ce rapport, le facteur de conversion pour les voitures était de 115 kWh/km alors que notre facteur global est de 144 kWh/100 km ou 520 MJ/100km. Il y a donc lieu d'utiliser un facteur multiplicatif de 1,25 pour avoir des résultats homogènes. Ce facteur est fixé dans l'étude finale de Econcept 2007 à 1.30 donc les écarts entre les deux études sont encore un peu plus prononcés. La comparaison est proposée dans la figure 25.

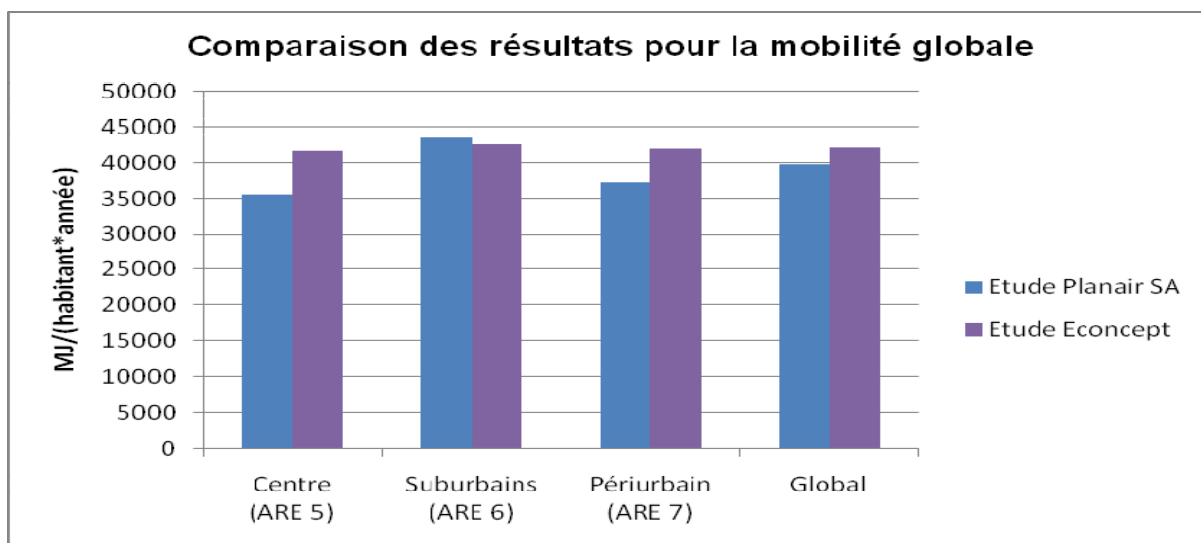


Figure 25: Comparaison des résultats pour la mobilité globale

Ici encore les valeurs sont cohérentes. L'étude d'Econcept ne montre pas de différence importante dans les besoins de mobilité entre les zones ARE5, 6 et 7, ces différences sont plus marquées dans notre étude, et sont de manière général légèrement inférieur à notre étude, principalement pour la Ville de Neuchâtel et la zone périurbaine. Ces différences s'amenuisent pour la mobilité pendulaire (Figure 26).

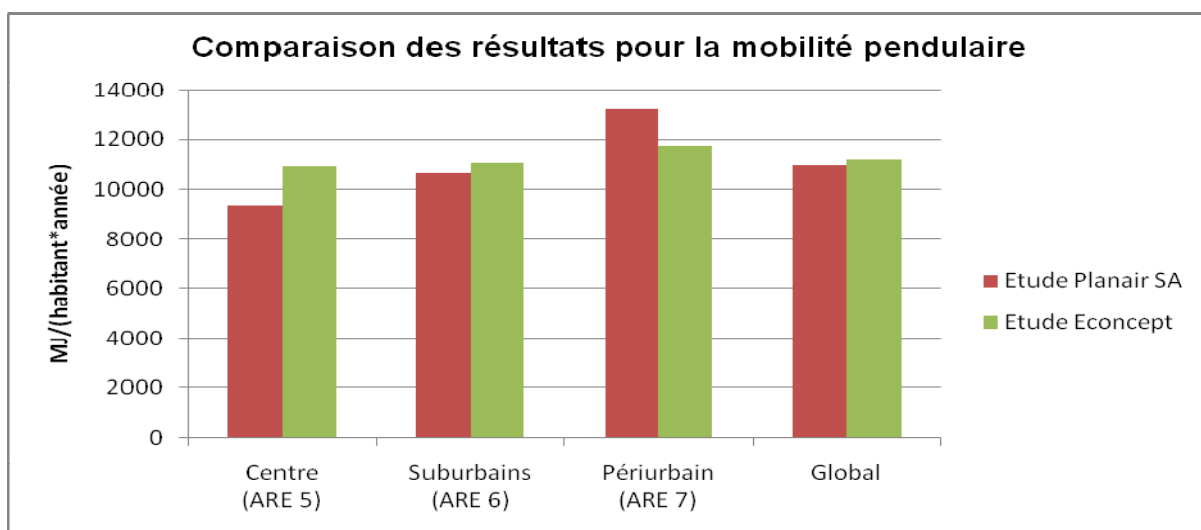


Figure 26 Comparaison des résultats pour la mobilité pendulaire

L'étude Econcept note une légère tendance à l'augmentation de la mobilité pendulaire lorsque la centralité est réduite. Notre étude dans le canton de Neuchâtel dévoile une tendance plus marquée. Mal-

gré les écarts très prononcés entre les ménages, les moyennes obtenues au travers des nos questionnaires sont fiables.

### **5.1.3. Discussion des données pour les énergies de fonctionnement**

Grâce aux données fournies par les architectes, les valeurs SIA 380/1 ont pu être collectées parallèlement aux questionnaires SNARC. Pour le Crêt-Taconnet et la Rue de la Dîme, les valeurs de consommation réelles correspondent à 5% près aux calculs théoriques découlant de la norme SIA 380/1.

Par contre pour le quartier de Fontaines, les estimations basées sur la SIA 380/1 sont largement trop optimistes. Pour le quartier de Fontaines, la valeur annoncée est de 201 MJ/m<sup>2</sup>/an. Les besoins réels en énergie de chauffage correspondent à une demande 43% supérieure s'élevant à 294 MJ/m<sup>2</sup>/an. Au cas par cas, les besoins de chauffage pour des maisons similaires s'échelonnent entre 153 et 530 MJ/m<sup>2</sup>/an. Au delà du dimensionnement de la maison, le comportement individuel des ménages influe largement sur les besoins.

En ce qui concerne l'électricité, une référence nationale peut être prise en considération avec les statistiques globales de l'OFEN comme adoptée dans la méthodologie de Econcept. Ainsi une consommation finale de 1840 kWh/an par habitant est obtenue. Une autre source reconnue est celle de la statistique de l'électricité de l'OFEN, qui annonce une part d'électricité pour les ménages de 2350 kWh/an/habitant.

Les statistiques issues des relevés de consommation des habitants des quartiers sont moins élevées. Les consommations d'énergie finales en électricité par personne s'élèvent ainsi de 1033 kWh à Cernier jusqu'à 1635 kWh avec une moyenne de consommation de 1310 kWh/an. Cette consommation plus basse s'explique, entre autre, par le choix de nos échantillons de quartiers modernes, où les appareils électriques, forts consommateurs, ont une meilleure efficacité. D'autre part, les quartiers choisis, à l'exception du quartier de la Dîme, ont un nombre de personnes par ménage sensiblement supérieur à la moyenne suisse de 2,28, ce qui réduit la consommation par habitant. En effet, un ménage plus grand permet souvent d'amortir sur plus de personnes le coût énergétique d'appareils comme un lave-vaisselle, un frigo ou un congélateur.

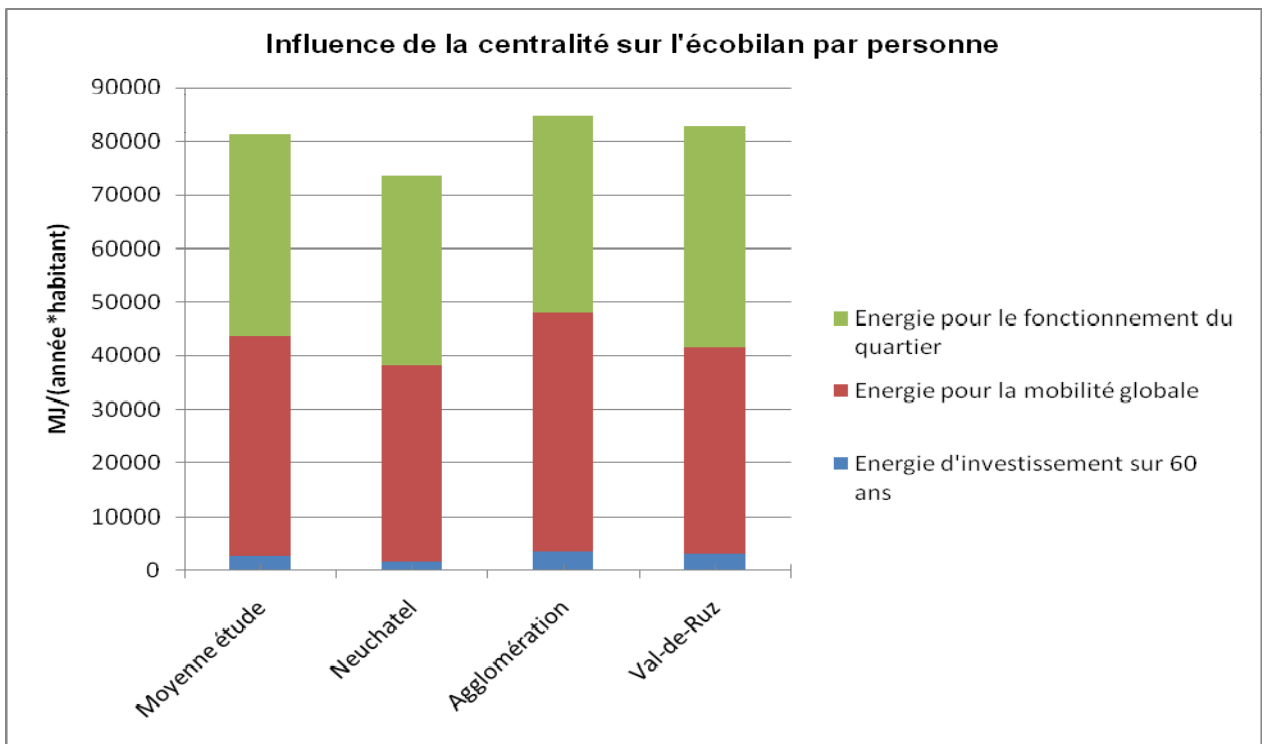
Notre étude montre l'impact non négligeable de l'électricité des communs dans les habitats groupés. Machine à laver, sècheuse et lumières communes correspondent parfois à un poste de 400 kWh supplémentaires par habitant. Ce qui entraîne une consommation parfois légèrement supérieure par personne à celle d'habitants de villas. C'est pourquoi au final l'électricité a une tendance inverse par rapport aux autres postes d'énergie par personne : l'impact diminue pour les habitations périurbaines.

## **5.2. ANALYSE FINE DE LA VARIABLE CENTRALITÉ**

L'étude se concentre sur la comparaison de quartiers urbains et périurbains, afin de déterminer l'influence de la variable centralité. L'homogénéité des quartiers sur le plan de la législation, de l'agglomération et de l'époque permet en effet une analyse fine de ce paramètre.

### **5.2.1. Ecobilan en fonction de la centralité**

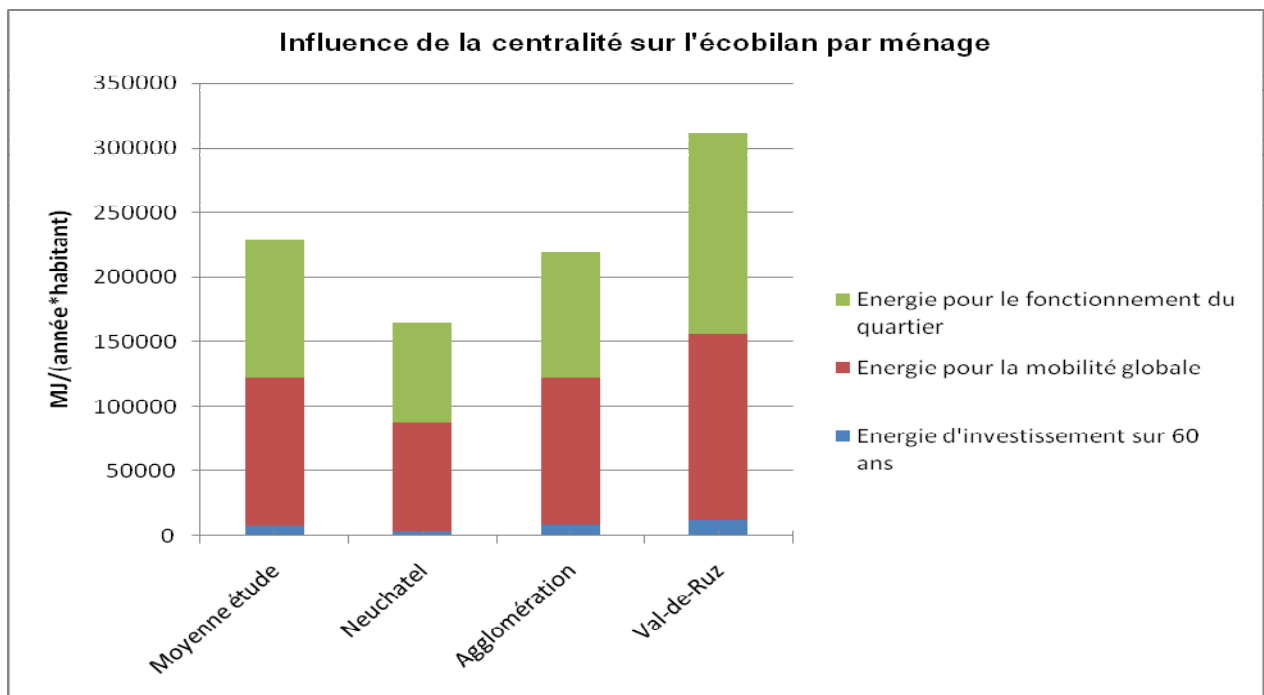
Pour éviter le biais de données spécifiques aux quartiers et au manque d'évaluation dans certains quartiers, les résultats ont été regroupés par zones et pondérés par le nombre de questionnaires rendus, donc par le nombre d'évaluations. Cette variable est assez bien corrélée avec le nombre d'habitants du quartier. Ainsi un écobilan sur les 3 types de centralité des quartiers peut être proposé. (Figure 27).



**Figure 27:** Influence de la centralité sur l'écobilan par personne

La centralité n'a qu'un faible rôle sur l'écobilan par personne. L'écobilan pour des quartiers non centraux est environ 12% supérieur. Dans notre cas, les écobilans en agglomération et dans une zone périurbaine comme le Val-de-Ruz sont similaires. Le besoin de mobilité accru en agglomération compense le besoin accru en énergie de fonctionnement dans le Val-de-Ruz.

Les résultats peuvent être regroupés de la même manière pour les impacts par ménage. (Figure 28).



**Figure 28:** Influence de la centralité sur l'écobilan par ménage

Ici les différences entre types de quartiers sont considérables. Par ménage, les écobilans sont parfaitement corrélés à la variable centralité. Ainsi, un ménage au centre de Neuchâtel consomme 2 fois moins de ressources énergétiques qu'un ménage dans le Val-de-Ruz. Mais par personne, elle est presque entièrement compensée par la taille des ménages. Si les données avaient été divisées par un nombre de personnes moyen par ménage, l'écobilan par personne aurait eu la même forme. La précision de l'analyse et le choix des indicateurs a donc un rôle essentiel dans les écobilans.

Dans une perspective future, la composition des ménages des quartiers neuf du Val-de-Ruz changera. Le nombre de personnes retrouvera un niveau similaire à la moyenne nationale lorsque les enfants auront quitté le milieu familial. Ainsi, les écobilans de ces quartiers changeront pour se rapprocher de la forme des impacts par ménage. Un divorce aurait des conséquences importantes car, propriétaire, une seule personne paye le coût énergétique du ménage.

Enfin, l'écobilan pour la variable centralité peut s'effectuer en  $m^2$ . (Figure 29).

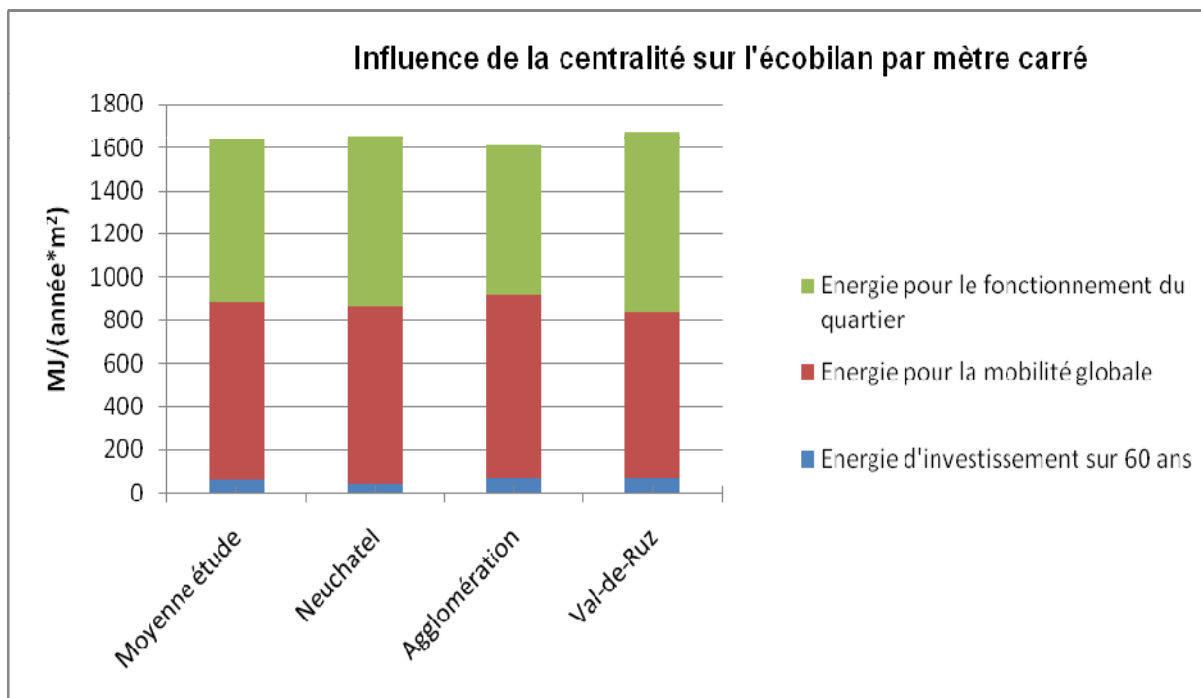


Figure 29: Influence de la centralité sur l'écobilan par mètre carré

Dans ce cas, l'impact est tout à fait similaire et aucune corrélation avec la variable centralité n'est notée. Comme les logements sont plus grands par ménage et par personne quand le quartier est en zone suburbaine ou périurbaine, l'écobilan par  $m^2$  reste stable. Lors d'écobilan par  $m^2$ , il est donc important de fixer aussi un objectif sur la réduction du nombre de  $m^2$  par personne, et de comparer ces valeurs par  $m^2$  pour des habitations du même type.

### 5.2.3. Le rôle de la densification

Face à ces constats, le développement territorial vise donc aujourd'hui à privilégier des stratégies allant vers une densification à l'intérieur du tissu bâti. Cet objectif se traduit par la promotion du renouvellement des quartiers existants (surtout les zones en déclin) et par la valorisation de réserves insuffisamment exploitées au cœur du milieu déjà bâti (friches urbaines, dents creuses, possibilité d'agrandissements ou de transformations de bâtiments existants). Pour réduire les impacts par personne, une bonne partie du chemin peut être effectuée en ramenant des ménages familiaux avec enfants en zone urbaine.

Compte tenu de la complexité des interactions caractérisant l'environnement construit, il faut cependant relever qu'une action sur la seule densification, qui serait considérée comme l'unique remède à tous les problèmes d'urbanisation, s'avérerait simpliste et clairement insuffisante [Fouchier 2005]. La

densification doit être considérée comme une «*condition nécessaire mais pas suffisante*» pour tendre vers un développement urbain durable [Williams 2000].

Parallèlement aux aspects strictement quantitatifs, la concrétisation d'une densification de qualité passe, en effet, par la réalisation de projets qui intègrent de manière simultanée et convergente les multiples objectifs liés à la durabilité environnementale, socioculturelle et économique.

Située entre l'échelle de la ville et celle du bâtiment, l'échelle du quartier apparaît, dans ce contexte, intéressante en termes opérationnels, car elle est particulièrement bien adaptée à l'expérimentation de pratiques spécifiques visant l'accroissement de la durabilité du milieu urbain. Elle permet, en effet, d'appréhender la réalité urbaine dans une échelle suffisamment grande pour toucher à de multiples thèmes qui dépassent la dimension du bâtiment considéré, mais suffisamment restreinte pour visualiser des interventions concrètes. La nécessité d'une maîtrise coordonnée de l'urbanisation et de la mobilité, la création (ou le renforcement) de pôles denses mixtes et la recherche d'une qualité de vie accrue en milieu urbain peuvent ainsi être abordées au travers de solutions concrètes : proximité de services, logements de qualité, diversité fonctionnelle. [Rey 2006].

Sous l'angle énergétique, la présente analyse met en évidence qu'un effet important repose sur l'occupation des logements urbains non seulement par des couples sans enfants ou des personnes seules, mais également par des familles. En d'autres termes, il s'agit de viser non seulement une densité bâtie, mais également une densité humaine.

Il est donc important que les projets de quartiers intègrent ce défi, tant au niveau de la conception des logements que des équipements situés à proximité (places de jeux, parc, écoles, commerces, loisirs, etc.). Par une diversité des types de logements et par une mixité fonctionnelle, la ville peut alors offrir une alternative crédible à l'étalement urbain.

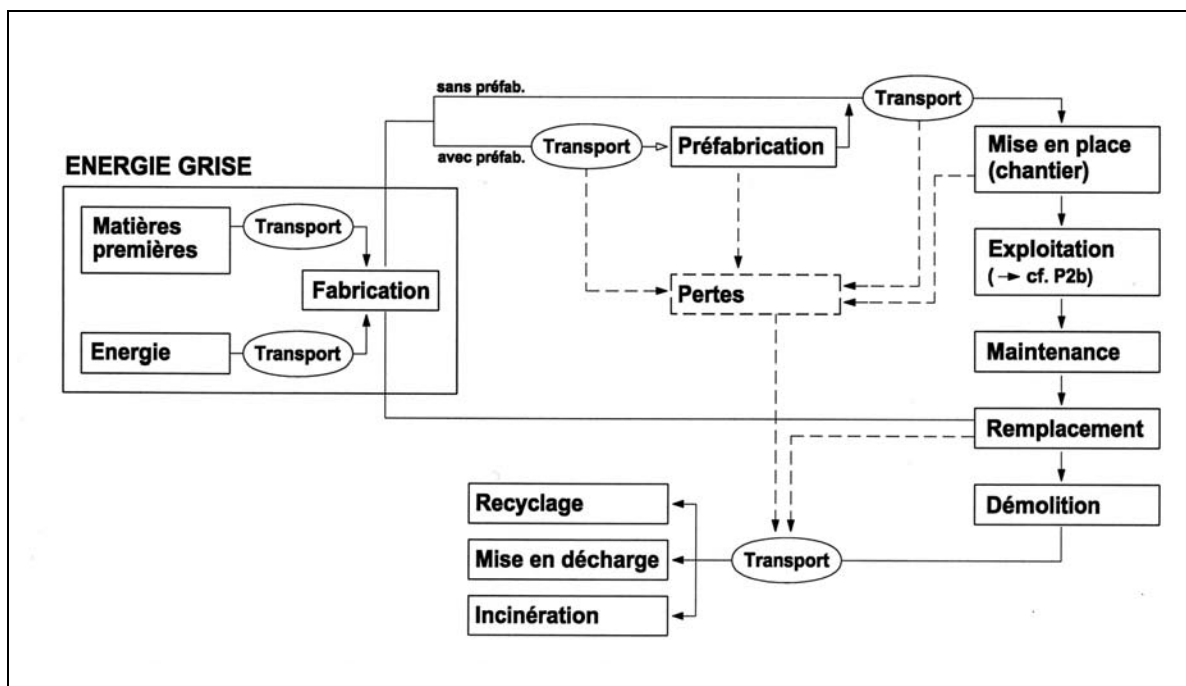
Des projets de quartiers durables, mêlant qualité de vie et urbanité, ne sont donc pas justifiés uniquement sous l'angle d'aspects environnementaux et économiques, mais également en tant que réponse à certaines aspirations socioculturelles [Rey 2007b].

### **5.3. COMPARAISON DES ÉCO-BILANS**

#### **5.3.1. Etude d'écobilan dans le quartier Crêt-Taconnet de Neuchâtel**

L'analyse réalisée dans le cadre de l'étude du Crêt-Taconnet couvre une partie des données relatives à la consommation énergétique.

A l'instar de la présente étude, elle s'inscrit dans une perspective plus large, qui viserait à réaliser une analyse du cycle de vie encore plus complète des bâtiments, en estimant, si possible, la dépense d'énergie primaire non renouvelable pour l'ensemble des phases du cycle de vie. (Figure 30).



**Figure 30** Représentation schématique des différentes phases à prendre en compte dans le calcul de l'énergie primaire non renouvelable.

Au niveau de l'exploitation, une analyse complète implique de considérer l'intégralité des consommations du logement, en tenant compte du chauffage, de l'eau chaude sanitaire et de l'électricité. Le facteur de conversion entre l'énergie finale et l'énergie primaire joue ici un rôle significatif en fonction de l'agent énergétique considéré.

Agent	Technique	Energie [GJ/GJ]	CO2 [kg <sub>éq</sub> CO <sub>2</sub> /GJ]	Acidification [kg <sub>éq</sub> SO <sub>2</sub> /GJ]
Electricité	CH mix	1,8	11,0	0,082
Electricité	UCPTE mix	3,6	168,0	1,200
Gaz	Ch. Low Nox < 100 kW	1,36	76,7	0,069
Bois	Ch. Bois déchiqueté 50 kW	0,075	1,3	0,182
Solaire (locatif)	Capteur plan thermique	0,16	7,9	0,061

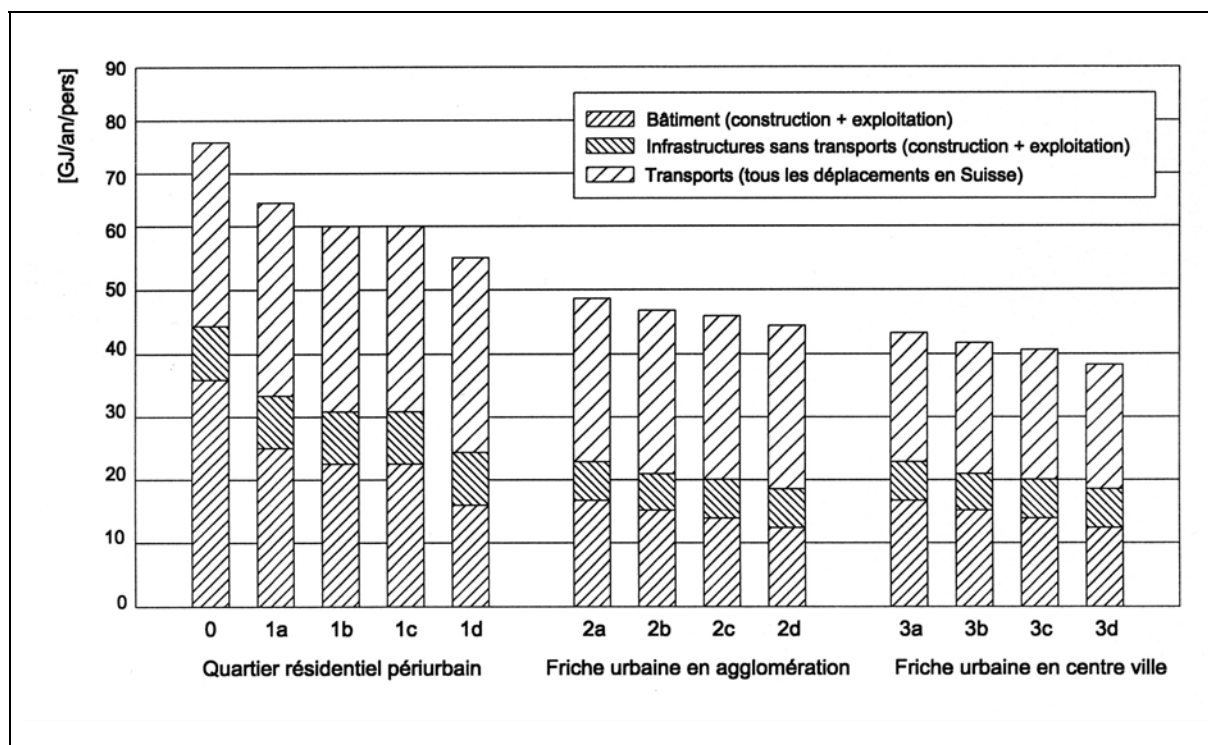
*Tableau 10 : Energie primaire et impacts environnementaux des principaux agents énergétiques (d'après [ETH 1996]).*

Dans cette optique, le tableau ci-après présente une comparaison indicative entre les résultats obtenus par la méthode SNARC pour le quartier Gare/Crêt-Taconnet et ceux obtenus dans le cadre de l'écobilan détaillé [Rey 2006]. Les données obtenues selon la méthode SNARC sont complétées par celle de l'écobilan détaillé pour l'eau chaude sanitaire et l'électricité. Il en ressort finalement une assez grande proximité en termes de valeur globale.

Energie primaire non renouvelable	Méthode SNARC [GJ/an] (30 ans)	Ecobilan détaillé [GJ/an] (60 ans)
Energie hors phase d'exploitation (cf. chap. 5.1.1)	514.6	347.8
Energie d'exploitation - Chauffage	585.0	695.7
Energie d'exploitation - Eau chaude sanitaire	362.7	362.7
Energie d'exploitation - Electricité (CH-Mix)	715.5	715.5
<b>Total NRE</b>	<b>2'177.8</b>	<b>2'121.7</b>

*Tableau 11 : Comparatif de la consommation d'énergie primaire non renouvelable pour l'immeuble du quartier Crêt-Taconnet, estimée selon l'analyse SNARC et selon l'écobilan détaillé selon [Rey 2006].*

En considérant le nombre d'appartements de l'immeuble et une occupation moyenne de 2,3 habitants/appartement, il en ressort une consommation annuelle d'énergie primaire non renouvelable d'environ 23.7 [GJ/an/pers]. Ce chiffre peut être mis en parallèle avec une estimation - basée sur des valeurs moyennes et statistiques faites dans le cadre d'une comparaison de la consommation annuelle d'énergie finale par habitant pour le bâtiment, les infrastructures et la mobilité pour différents types de localisations et de standards de bâtiments (cf. tableau ci-après tiré de [Rey 2006]). Le standard correspondant à l'immeuble considéré dans l'écobilan détaillé donne une valeur d'énergie finale pour la construction et l'exploitation du bâtiment égale à 12.9 [GJ/an/pers]. Ces deux valeurs mises en relation donneraient un facteur moyen de conversion de 1.8, ce qui apparaît assez crédible au regard des valeurs évoquées précédemment.



**Figure 31 :** Comparaison de la consommation annuelle d'énergie finale par habitant pour le bâtiment, les infrastructures et la mobilité pour différents types de localisations et de standards de bâtiments [Rey 2006].

Ces différentes considérations mettent en évidence que les valeurs obtenues dans le présent travail par la méthode SNARC présentent des ordres de grandeur comparables à celles obtenues dans d'autres études portant sur l'ensemble du cycle de vie du bâtiment.

Rejoignant les considérations de l'ensemble du présent travail, le graphique ci-dessus met également en évidence que la consommation du bâtiment constitue certes une part importante du bilan complet par habitant, mais que ce dernier est également influencé par les infrastructures et la mobilité.

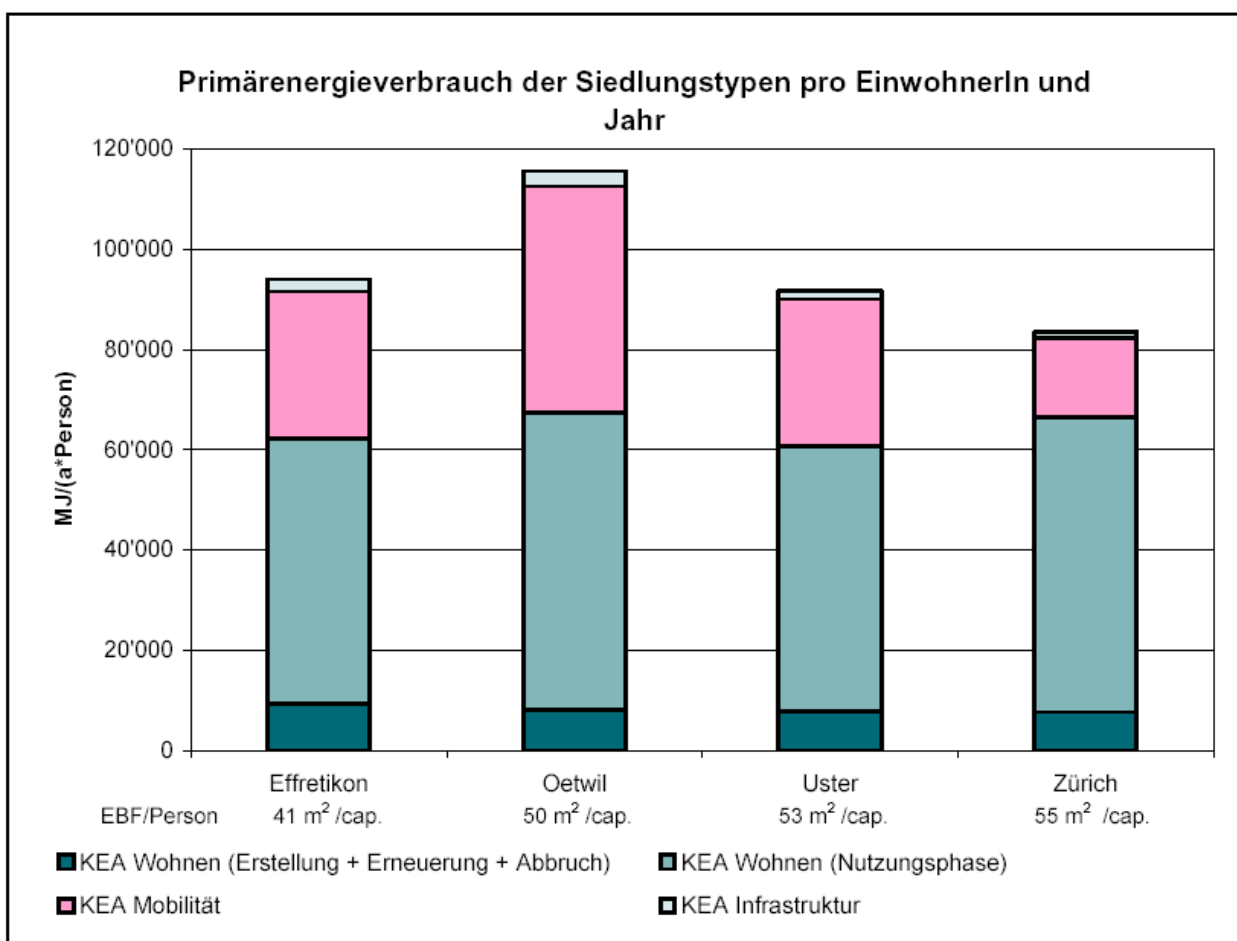
Au global, on note effectivement une différence d'échelle entre les écobilans due aux différences de limites énergétiques des systèmes. L'écobilan de la présente étude prend en compte les énergies grises et les énergies primaires, il en résulte effectivement un facteur de conversion supérieur à 1,5 pour l'écobilan.

Les différences importantes remarquées dans l'étude plus qualitative de la figure 31 ne se sont pas retrouvées dans notre bilan par personne. Notre étude montre alors le rôle dominant de la structure de population pour lisser les écobilans entre ville et campagne. Par contre dans un écobilan par ménage les différences sont encore plus marquées que dans le cas de la figure 31.

### 5.3.2. Etude d'Econcept pour les mêmes paramètres

Parallèlement à cette étude, Econcept (2007) a effectué des écobilans pour des quartiers dans le canton de Zurich. La taille des quartiers est supérieure, et les quartiers incluent des bâtiments

d'activités. Néanmoins les résultats peuvent être comparés. Les résultats de l'étude Econcept sont donnés dans la figure 32 (en allemand).



**Figure 32:** Primärenergieverbrauch der Siedlungstypen pro EinwohnerIn und Jahr

La mobilité par habitant revêt une différence plus significative dans le canton de Zurich. Au sein d'une grande agglomération la mobilité globale est fortement réduite. Ainsi elle descend à 17'000 MJ/habitant dans le centre ville zurichois contre 40 000 MJ/habitant pour les quartiers neuchâtelois de l'étude. Cette valeur atteint presque 50 000 MJ pour le quartier d'Oetwil, isolé de l'agglomération zurichoise.

L'énergie d'investissement à l'échelle d'un quartier, même prise avec des quartiers plus grands est également très faible et ne représente que quelques pourcents de l'écobilan final, comme dans notre étude.

L'énergie de fonctionnement des bâtiments est supérieure dans les quartiers zurichois étudiés à celle relevée dans les quartiers neuchâtelois. Par contre, dans le bilan par habitant, la même tendance est relevée, l'influence de la variable centralité en termes d'énergie de fonctionnement du quartier est peu sensible. Les valeurs supérieures de l'ordre de 55 000 MJ/an dans l'étude d'Econcept peuvent être expliquées par l'ancienneté des quartiers, et par la consommation électrique supérieure choisie à celle de notre étude.

Au global c'est donc l'énergie pour la mobilité qui différencie faiblement les quartiers zurichois entre eux et met en évidence la variable centralité dans ces écobilans.

## 5.4. PERSPECTIVES A L'HORIZON 2035

### 5.4.1 Objectifs pour la société à 2000 W

Les perspectives énergétiques pour la Suisse à l'horizon 2035 se basent sur 4 scénarii possibles [DETEC 2007].

Le **scénario I («poursuite de la politique actuelle»)** est axé sur les mesures. L'effet d'instruments qui sont en vigueur est représenté. On y observe aussi une tendance autonome à l'efficacité énergétique. La consommation finale d'énergie primaire croît ainsi de 2%, grâce à l'amélioration de l'efficacité énergétique.

Le **scénario II** est également axé sur les mesures. Il se caractérise par une **«collaboration renforcée»** entre l'Etat et l'économie, le renforcement modéré des prescriptions, notamment du « centime climatique » et l'introduction d'une taxe CO<sub>2</sub> sur les combustibles. La consommation finale d'énergie primaire diminue ainsi de 4%.

Le **scénario III («nouvelles priorités»)** est axé sur les objectifs. Les instruments et les techniques qui permettraient d'atteindre les objectifs sont examinés. Les conditions préalables requises sont que l'on attribue, à l'échelle mondiale, la priorité à la protection du climat, à l'efficacité énergétique, au ménagement des ressources et aux possibilités de commercialiser les techniques correspondantes. L'instrument essentiel est le renchérissement des énergies non renouvelables et de l'électricité par une taxe d'incitation (dès 2011). La consommation finale d'énergie primaire diminue ainsi de 14%.

Le **scénario IV** part du principe que l'on atteindra la **«société à 2000 watts»** d'ici à 2100. Transposé dans les «Perspectives énergétiques» de l'OFEN, ce scénario signifie que la consommation d'énergie finale par habitant et les émissions globales de CO<sub>2</sub> doivent reculer de 35% entre 2000 et 2035 pour que l'on suive le chemin tracé. Comme pour le scénario III, on postule pour un changement de paradigme en matière de politique énergétique. L'instrument essentiel est également une taxe d'incitation. Comparativement au scénario III, elle entraîne une augmentation supplémentaire de 11% (essence) à 37% (électricité). Par rapport au scénario III, les prescriptions en matière d'efficacité sont en général accélérées et renforcées. La consommation finale d'énergie primaire diminue ainsi de 27%.

Afin de viser ce scénario IV, dans le but de la société à 2000 W, la SIA fixe des objectifs pour les bâtiments à l'horizon 2035 [SIA 2007]. A l'échelle du bâtiment, la SIA propose de lui imputer la moitié des énergies nécessaires à la mobilité [Schneider 2006]. La comparaison entre ces objectifs et les données actuelles des quartiers neuchâtelois adaptés avec l'intégration de la demi-mobilité globale sont représentés sur la figure 33.

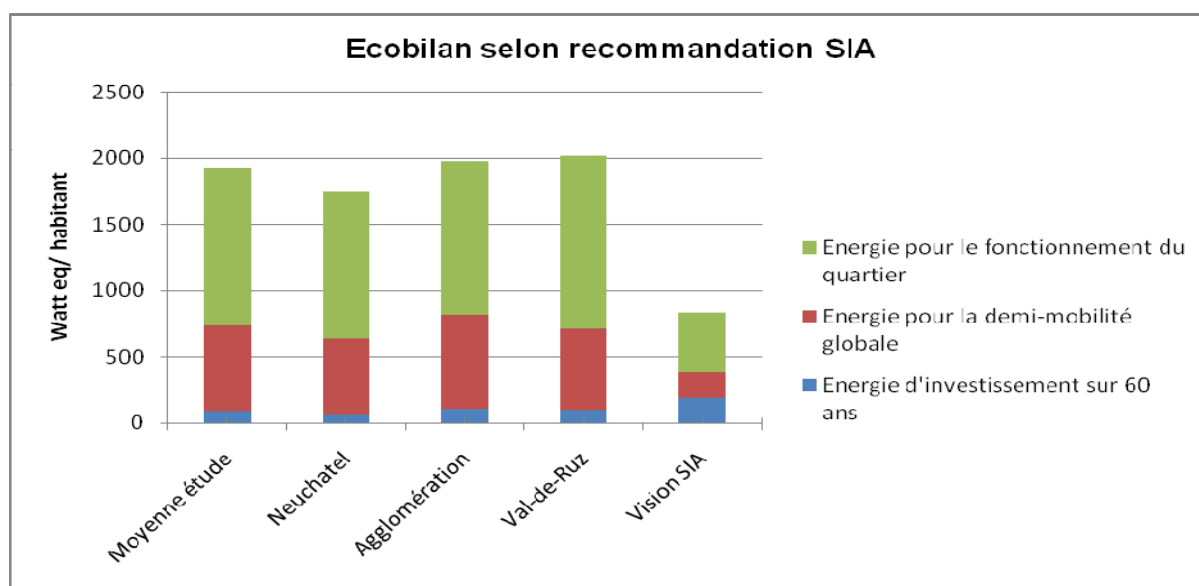


Figure 33. Ecobilan selon recommandation SIA

Le chemin à parcourir pour atteindre les objectifs est encore conséquent. La comparaison est similaire avec le bilan par m<sup>2</sup>. (Figure 34).

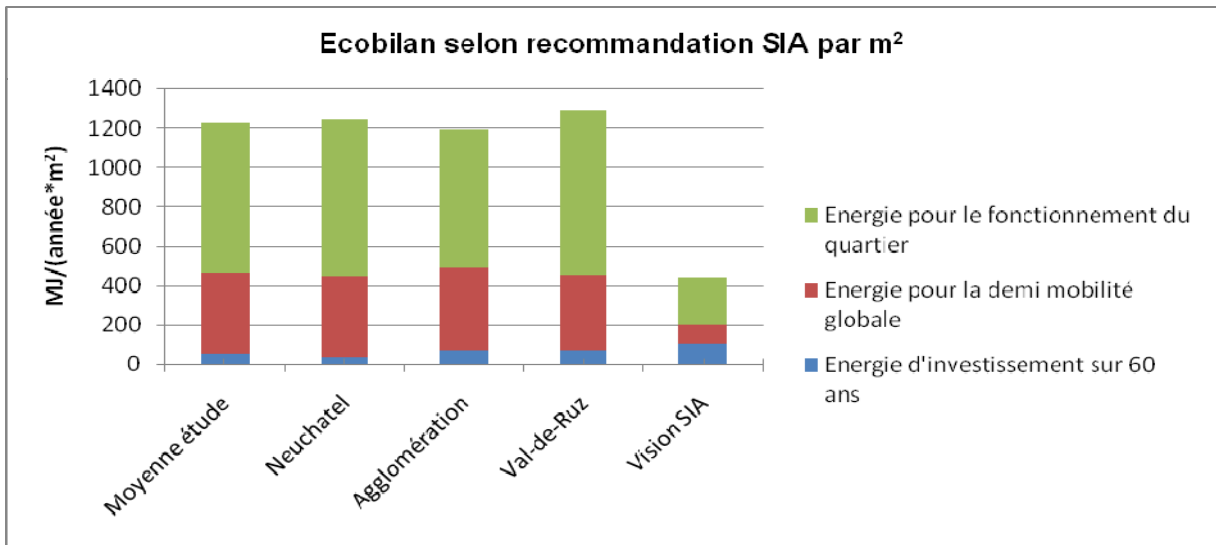


Figure 34: Ecobilan selon recommandation SIA par m<sup>2</sup>

- Pour l'énergie d'investissement distribuée sur 60 ans, les objectifs sont facilement atteints. Les objectifs fixés par la SIA de 100 MJ/m<sup>2</sup> correspondent à un amortissement sur moins de 30 ans. Pour ce qui est de l'énergie grise de la construction, les objectifs ne sont donc pas contraignants.
- Pour l'énergie de mobilité, les objectifs fixés sont particulièrement ambitieux. La limite supérieure de 100 MJ/m<sup>2</sup> pour la demi-mobilité globale représente moins que la dépense énergétique pour la demi-mobilité pendulaire des quartiers neuchâtelois étudiés. Pour arriver à cette valeur, les modes de transport doivent être totalement repensés dans des agglomérations moyennes. Cette valeur n'est pas compatible avec des pendulaires fréquents depuis une zone périurbaine peu dense et mal desservie en transport en commun.
- Pour l'énergie de fonctionnement du quartier, une baisse significative de la consommation est aussi nécessaire. Au total 240 MJ/m<sup>2</sup> ont été attribués par la SIA, dont 130 MJ/m<sup>2</sup> pour l'énergie électrique. La SIA a un objectif ambitieux de réduction des besoins pour le chauffage et la ventilation à 70 MJ/m<sup>2</sup>. Pour tous les postes de consommation, il y a lieu de réduire presque par trois les consommations énergétiques actuelles. La technologie actuelle le permet pour le chauffage, mais les habitudes de consommation doivent changer pour les autres impacts.

Ces objectifs peuvent être comparés au quartier le plus vertueux de notre échantillon conçu sur la notion de développement durable actuelle soit le quartier du Crêt-Taconnet. (Figure 35)

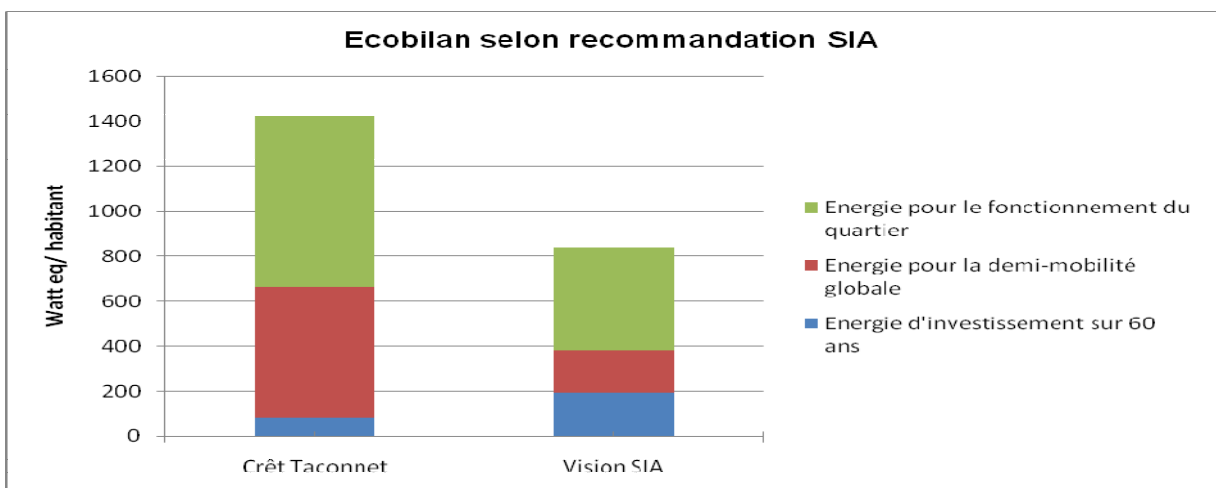


Figure 35: Ecobilan selon recommandation SIA

Si les objectifs sont presque atteints en ce qui concerne les besoins de chauffage, il n'en est pas de même pour la mobilité, l'eau chaude et l'électricité.

Outre l'harmonisation internationale, il est nécessaire que de nouvelles technologies clés pénètrent le marché, par exemple les équipements de mesure et de réglage destinés à optimiser le besoin de chaleur et d'électricité. Un système d'alerte de dépassement de consommation électrique pourrait être instauré par une mesure décentralisée fiable et continue des diverses consommations afin d'informer le consommateur final, et de fixer des objectifs individuels. Des changements structurels sont aussi nécessaires: le nombre de bureaux à domicile doit augmenter, le besoin de surface dans le secteur des services doit diminuer.

Dans cette perspective, les agents énergétiques renouvelables doivent devenir le standard pour l'approvisionnement en chaleur. Cette nécessité économique liée aux hypothèses de coût de l'énergie fossile importante dans le scénario énergétique IV est de plus en plus réaliste, même sans taxe au montant particulièrement élevé. En effet, lors de l'estimation des coûts du pétrole pour les perspectives énergétiques, le baril était autour de 30 \$, il est déjà actuellement autour de 90 \$. Il semble donc indispensable de profiter des technologies disponibles dès maintenant en vue de se passer de ressources fossiles pour produire de la chaleur.

En ce qui concerne la vision d'écobilan par habitant, un impact n'est pas pris en compte, il s'agit de la mobilité internationale, qui s'effectue souvent par voie aérienne. Or ce secteur, par sa croissance continue, revêt une importance majeure en termes d'impact. Mais celui-ci n'est pas attribué en raison de sa nature internationale. La consommation par personne induite est pourtant considérable. Converti en kilomètres de mobilité aérienne, un seul aller-retour long courrier sur 15 000 km de trajet correspond à 2000 Watt éq/an pour la personne. Pour ce calcul, il suffit de prendre pour référence les valeurs de la SIA de 3,23 MJ/(passager\*km) ou les valeurs de l'Infras (1999) de 4,54 MJ/(passager\*km). Donc si les données de mobilité internationale sont prises en compte, les populations aisées des grands centres auront des écobilans nettement péjorés, et au final les données de mobilité par zone ARE peuvent être bouleversées. L'objectif de la société à 2000 W par personne est donc à confronter avec cette mobilité internationale croissante.

#### **4.3.2. Perspectives démographiques et énergétiques**

L'OFS a publié des perspectives démographiques pour estimer les changements structurels de population à l'horizon 2030. [OFS 2007b]. Deux conclusions peuvent être rapprochées de notre étude.

La première est le défi du vieillissement. En raison, d'une part, de la faible fécondité observée lors des dernières décennies et d'autre part, de l'allongement de l'espérance de vie qui ne donne toujours aucun signe de ralentissement aux âges élevés. Ainsi, les populations de tous les cantons vieilliront fortement au cours des 25 années à venir. Pour distinguer les effets négatifs de la rurbanisation, il est nécessaire d'avoir une vision par personne, et non pas uniquement par m<sup>2</sup>. La question de l'avenir de villas périurbaines actuelles se pose. Dans quelques années, au départ des enfants, les écobilans par personne de ces villas modernes seront bouleversés, car la famille entière ne supportera plus l'impact énergétique. Il en résultera des écobilans plus proches de la vision par ménage, avec une augmentation de l'influence de la variable centralité.

L'étude démographique conclut également que la fin de la rurbanisation de la Suisse n'est pas pour demain. Ce sont les cantons connaissant aujourd'hui une rurbanisation rapide, c'est-à-dire une urbanisation accélérée des régions rurales, qui verront leur population augmenter le plus dans le futur. Entre 2005 et 2030, la croissance démographique des cantons de Zoug et de Fribourg dépassera probablement 20%. Le défi de rendre la ville attractive pour les familles ne semble donc pas encore d'actualité, mais constitue une priorité pour une vision durable de l'aménagement du territoire.

#### **4.3.3. Vers un suivi d'autres indicateurs ?**

Dans les projets actuels de quartiers durables, les quartiers sont souvent contrôlés à l'aide d'objectifs plus vastes que des objectifs énergétiques. Par exemple en France, le Ministère de l'équipement et l'ADEME (Agence pour le Développement et la Maîtrise des Energies) ont développé la méthode ADEQUA [Cherqui 2005].

Les 4 premiers objectifs de cette méthode ont été déterminés sur la base d'indicateurs quantitatifs dans l'objectif d'évaluation de quartiers durables.

- Le premier objectif est de préserver les ressources. L'indicateur de la consommation énergétique du quartier est le premier élément de cet objectif. Il est aussi traduit en énergie primaire sur les bases de l'écobilan de Frischknecht (1996). Cependant, à cet indicateur énergétique est ajouté la consommation d'eau ainsi qu'un indicateur de consommation du sol déterminé par un coefficient d'usage et une estimation de consommation des ressources abiotiques épuisables, en fonction de la réserve connue de la ressource.
- Le second objectif est de préserver l'écosystème. L'écosystème signifie "l'ensemble des êtres vivants et des éléments non vivants". Sa préservation signifie respecter et protéger la faune et la flore, et minimiser les risques pour cet environnement. Cet objectif regroupe les indicateurs mesurant les émissions de gaz nocifs pour l'écosystème, directement ou indirectement, par exemple l'acidification, l'écotoxicité, l'eutrophisation (enrichissement d'une eau en sels minéraux). Il concerne également une évaluation des déchets ultimes, c'est-à-dire restant après tri, recyclage et incinération.
- Le troisième objectif est d'améliorer la qualité des ambiances. Le rôle du bâtiment a évolué au cours des siècles. Initialement, le bâtiment avait pour unique fonction d'abriter et de protéger des agents extérieurs. Grâce aux progrès, ses fonctions se sont multipliées et le bâtiment, le quartier ou la ville doivent maintenant garantir aux usagers une qualité d'ambiance convenable aussi bien à l'intérieur des bâtiments que dans les espaces extérieurs. L'ambiance est caractérisée par des paramètres liés à l'air comme sa qualité ou sa température et à l'environnement de l'utilisateur : confort hygrothermique, acoustique, visibilité et espace. Ces objectifs sont évalués à l'intérieur et à l'extérieur.
- Le dernier objectif quantitatif est de préserver la santé et de gérer les risques. Dans cet objectif sont également inclus des indicateurs pour la santé des personnes et leur sécurité, deux thèmes en rapport avec l'aspect social et proches par certains points de vue de la gestion des risques. En pratique, cet objectif comprend des mesures d'un potentiel de réchauffement basées sur les émissions de gaz à effet de serre, d'un indicateur de toxicité humaine, d'un indicateur de smog d'été et enfin d'un indicateur de déchets radioactifs.

A ces objectifs s'ajoutent des objectifs d'aménagement comme prendre en compte le patrimoine, favoriser le développement local, renforcer la vie sociale et mettre en valeur la place du quartier dans la ville. Ainsi l'impact du quartier n'est pas seulement évalué sur la base de sa dimension environnementale énergétique, mais également sur tous ces aspects économiques et sociaux, conformément à la notion de développement durable.

Ces méthodes plus globales sont aussi adoptées dans l'évaluation de quartiers dans les pays nordiques ou aux Etats Unis par le système de notation qualitatif LEED.

## 6. Conclusions

Cette étude présente des résultats nouveaux pour l'influence de la variable centralité sur un écobilan de quartier. Le travail est basé sur une étude de cas et une évaluation directe des habitudes. Les quartiers sélectionnés sont homogènes en termes de législation et d'époque dans le but de déterminer l'impact de cette variable. Afin de confronter les résultats avec des études précédentes, une comparaison a été menée pour les différents postes de consommation énergétique. Les résultats sont cohérents avec les études de référence pour les différents impacts énergétiques à l'échelle du quartier.

La variable centralité n'a qu'un rôle faible sur l'écobilan par personne. L'écobilan pour des quartiers non centraux, non situés en plein centre ville n'est que d'environ 12% supérieur. Dans notre cas, les écobilans pour des quartiers en agglomération et pour des quartiers dans une zone périurbaine comme le Val-de-Ruz sont similaires. La mobilité plus élevée par individu en agglomération compense le besoin accru en énergie de fonctionnement dans le Val-de-Ruz.

Si l'on choisit pour indicateur un écobilan en  $m^2$ , l'impact est tout à fait similaire et aucune corrélation avec la variable centralité n'est notée. Comme les logements sont plus grands par ménage et par personne quand le quartier est en zone suburbaine ou périurbaine, l'écobilan par  $m^2$  reste stable. Il est donc important de fixer aussi un objectif sur la réduction du nombre de  $m^2$  par personne, et de comparer ces valeurs par  $m^2$  pour des habitations du même type.

Au contraire, si l'écobilan est déterminé par ménage, les résultats sont parfaitement corrélés à la variable centralité. Ainsi, un ménage au centre de Neuchâtel consomme 2 fois moins de ressources énergétiques qu'un ménage dans le Val-de-Ruz. La précision de l'analyse et le choix des indicateurs a donc un rôle essentiel dans les écobilans. L'influence de la structure de la population s'avère une variable déterminante pour les écobilans.

Au delà de la variable centralité, l'étude permet de distinguer les impacts principaux des impacts plus marginaux. Les principaux comme le conclue Econcept, sont les impacts du bâtiment. Ce sont la première cible pour une politique de réduction de la consommation énergétique dans les quartiers.

La mobilité revêt aussi une importance majeure, jusqu' 45% de l'écobilan. L'impact de la mobilité est très dépendante des limites du système. Par exemple, la mobilité internationale n'est pas comptabilisée dans toutes les références, bien que représentant un poste important. Les demi-déplacements pendulaires atteignent à eux seuls les objectifs fixés par la SIA dans son scénario de société à 2000 W. Un changement de comportement est nécessaire dans ce but.

Dans la perspective d'un écobilan complet, l'évaluation de l'impact lié aux biens de consommation pourrait également être pris en compte [OFEV 2006]. A l'instar de la mobilité, certains postes de consommations seront dépendants de la variable centralité, notamment au vu de la différence de structure des ménages. Ainsi des écobilans complets pour différents type de centralité pourraient être menés. La limite est à poser entre l'écobilan d'un bâtiment ou d'un quartier et l'écobilan d'une personne dans un certain type de bâtiment ou de personnes. Les limites du système différeront alors. De cette réflexion sera issu un choix d'indicateurs. Pour un écobilan de bâtiments l'unité par  $m^2$  est homogène. Cependant cet indicateur a un défaut car il omet la compacité des habitats, un critère essentiel pour se diriger vers la société à 2000 W.

Enfin, d'autres indicateurs devront être pris en compte à l'échelle du quartier, pour ne pas limiter l'analyse à l'énergie mais aussi englober tous les paramètres du développement durable. La pondération des indicateurs qualitatifs est délicate et ne fait pas encore consensus dans les études internationales.

## Références

- [Cherqui 2005] Cherqui F., "Méthodologie d'évaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier" La Rochelle, Thèse pour l'obtention de Docteur de l'université de la Rochelle, 14 décembre 2005.
- [Citherlet 2005] CITHERLET S. et al., "Importance of materials impacts for a detached house over the whole life cycle" in Proceedings of CISBAT 2005, Lausanne, 28 septembre 2005, pp. 475-480.
- [Eco-bat 2006] CITHERLET S. et al., "ECO-BAT. Building Assessment Tool". Yverdon : LES-BAT, logiciel, version 1.0, 2006.
- [Econcept 2006] BFE, "Energieaspekte städtischer Quartiere und ländlicher Siedlungen, Wohnungsabhängiger Verkehr in verschiedenen Gemeinde und Siedlingstypen" Zuerich, 2006.
- [Econcept 2007] BFE, "Energieaspekte städtischer Quartiere und ländlicher Siedlungen, Schlussbericht" Zuerich, 2007.
- [ETH 1996] ETH, "Oekoinventare für Energiesysteme". Zürich : ETH, 1996.
- [Fouchier 2005] FOUCHIER V., "La densité urbaine dans le projet de territoire : quelle contribution au développement durable ?" Cycle de cinq conférences publiques sur la ville durable. Lausanne, Observatoire universitaire de la ville et du développement durable, 10 mars 2005.
- [Gay 2002] GAY J.-B., "Analyse en cycle de vie : l'écobilan". Lausanne, EPFL, Diplôme postgrade européen en architecture et développement durable, support de cours, 2002-2003.
- [Jungbluth 2006] JUNGBLUTH N., "Ecobilan Eau potable – Eau minérale", sur mandat de la Société Suisse de l'Industrie du Gaz et des Eaux (SSIGE), Uster, 2006
- [Holliger 2006] HOLLIGER Consult, "Oekobilanz-Berechnung vom Gebäude Crêt-Taconnet in Neuchâtel". Epsach, janvier 2006.
- [INFRAS 1999] INFRAS, "Oekoinventar Transporte" 2. SPP Umwelt Modul 5, Corrigierte Auflage. Zuerich, 1999.
- [Kochenz 2005] KOCHENZ M. et PFEIFFER A., "Potenzial Wohngebäude : Energie und Gebäudetechnik für die 2000-Watt Gesellschaft". Zürich : Faktor, 2005.
- [METRON 2000] METRON SA, "Projet C8 Transports et organisation du territoire Rapport final". BRUGG, 2000.

- [MicroGIS SA 2004] JEMELIM Christophe, KAUFMANN Vincent, "Analyse du micro-recensement transports 2000 : Une photographie de la mobilité des Neuchâtelois". Rapport Final St Sulpice : MicroGIS SA, 2004.
- [OCF 1995] OCF, "Durée d'exploitation de bâtiments et d'éléments de construction". Berne : OCF, 1995.
- [OCF 2002] OCF, "Logements selon l'époque de construction, l'époque de rénovation et selon le type de bâtiment". Neuchâtel : OCF, 2002.
- [OFEN 2007] OFEN, "Perspectives énergétiques pour 2035 (tome 1) Synthèse". Berne, 2007.
- [OFEV 2006] OFEV, "Consommation respectueuse de l'environnement, *Décisions et acteurs clés, modèles de consommation*". Référence: UW-0616-F Berne : OCF, 2006.
- [OFS 2002] OFS, ARE " La mobilité en suisse, résultats du microrecensement 2000 sur le comportement de la population en matière de transport". Berne/Neuchâtel, 2002.
- [OFS 2007] OFS, ARE, Ecoplan " La mobilité en suisse, résultats du microrecensement 2005 sur le comportement de la population en matière de transport". Neuchâtel, 2007.
- [OFS 2007b] OFS " Scénarios de l'évolution de la population des cantons 2005–2030". Neuchâtel, 2007.
- [Rey 2006] REY E., "Régénération des friches urbaines et développement durable : vers une évaluation intégrée à la dynamique du projet". Université Catholique de Louvain, Thèse de doctorat en sciences appliquées. Louvain-la-Neuve, octobre 2006.
- [Rey 2007a] REY E., "Des friches urbaines aux quartiers durables". *Tracés*, 2007, no 12, pp. 13-15.
- [Rey 2007b] REY E., "Quels processus pour la création d'un quartier durable : l'exemple du projet Ecoparc à Neuchâtel". *Urbia*, 2007, no 4, pp. 123-145.
- [Schneider et al 2006] SCHNEIDER S., HOPF S., "SIA Effizienzpfad Energie Statusbericht Mobilität Grundlagen zur Dokumentation SIA D 0216 Ein Projekt von Swiss Energycodes der KHE des SIA". *Zuerich*, 2006
- [SIA 2000] SIA., "SNARC Méthode d'évaluation de l'écologie dans les projets d'architecture". D0200, SIA Zuerich 2000.
- [SIA 2004] SIA., "SNARC Méthode d'évaluation de l'écologie dans les projets d'architecture". D0200, SIA Zuerich 2004.

[SIA 2006] SIA., "SIA Effizienzpfad Energie - Ein Projekt von Swisenergycodes der KHE des SIA". D0216, SIA Zuerich 2006.

[Williams 2000] WILLIAMS K., "Does intensifying cities make them more sustainable?" in WILLIAMS K. and al., "Achieving sustainable form". Londres : Spon, 2000, pp. 30-45.

## Répertoire des symboles et abréviations

### **LCA**

Life Cycle Assessment

### **CO<sub>2</sub>**

Gaz carbonique

### **km**

Kilomètre

### **kWh**

Kilowattheure, 1000 watts par heure, 3.6 millions de joules

### **g**

Gramme

### **/(Habitant\*an)**

Par habitant et par an

### **kg**

Kilogramme

### **m**

Mètre

### **m<sup>2</sup>**

Mètre carré

### **MJ**

Mégajoule, 106 joules

### **OFEV**

Office Fédéral de l'Environnement (jusqu'au premier janvier 2006) depuis lors Office Fédérale de l'Environnement, des Forêts et du Paysage, OFEFP

### **OFEN**

Office Fédéral de l'Energie

### **OFS**

Office Fédéral des Statistiques

### **SIA**

Société Suisse des Ingénieurs et Architectes

### **SIA 380/1**

L'énergie thermique dans le bâtiment. Norme SIA 380/1, Zürich, 2001

### **t**

Tonne

### **W**

Watt

## Annexes

### A-1. PLANS DES QUARTIERS

#### A 1.1. Neuchâtel – Crêt-Taconnet - Délimitation du périmètre d'étude



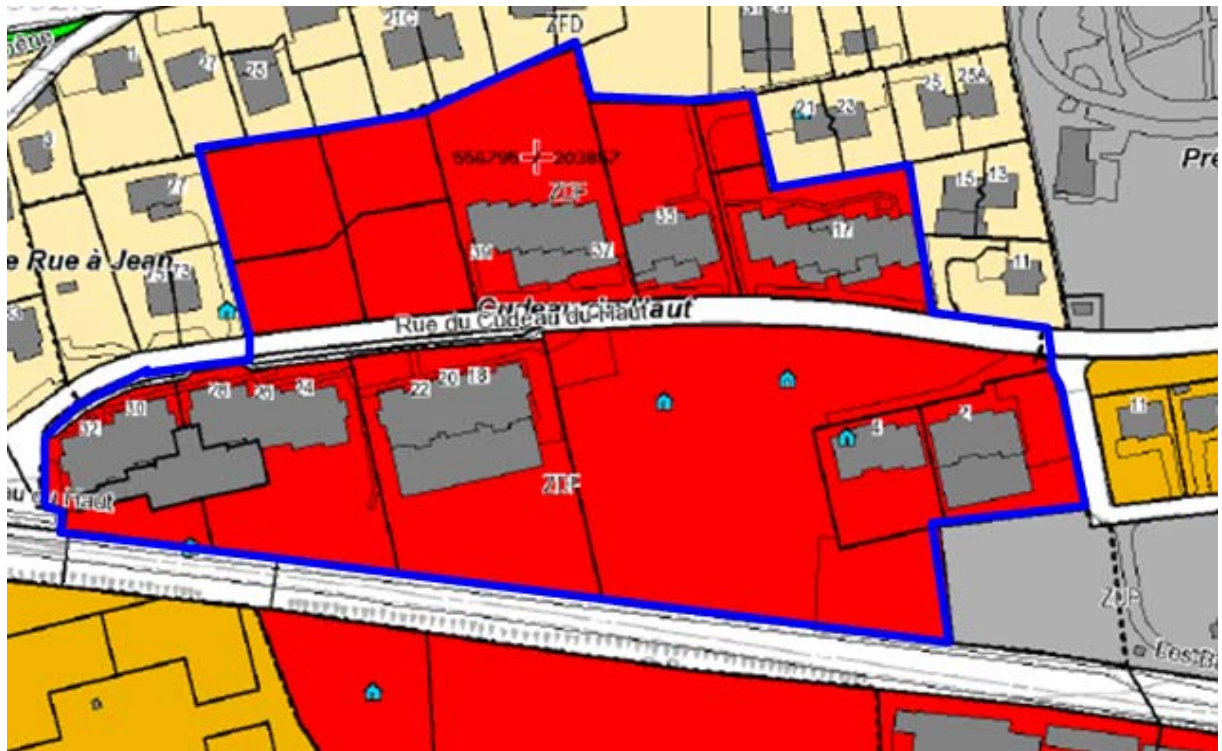
A-1.2. Neuchâtel - La Dîme – Délimitation du périmètre d'étude



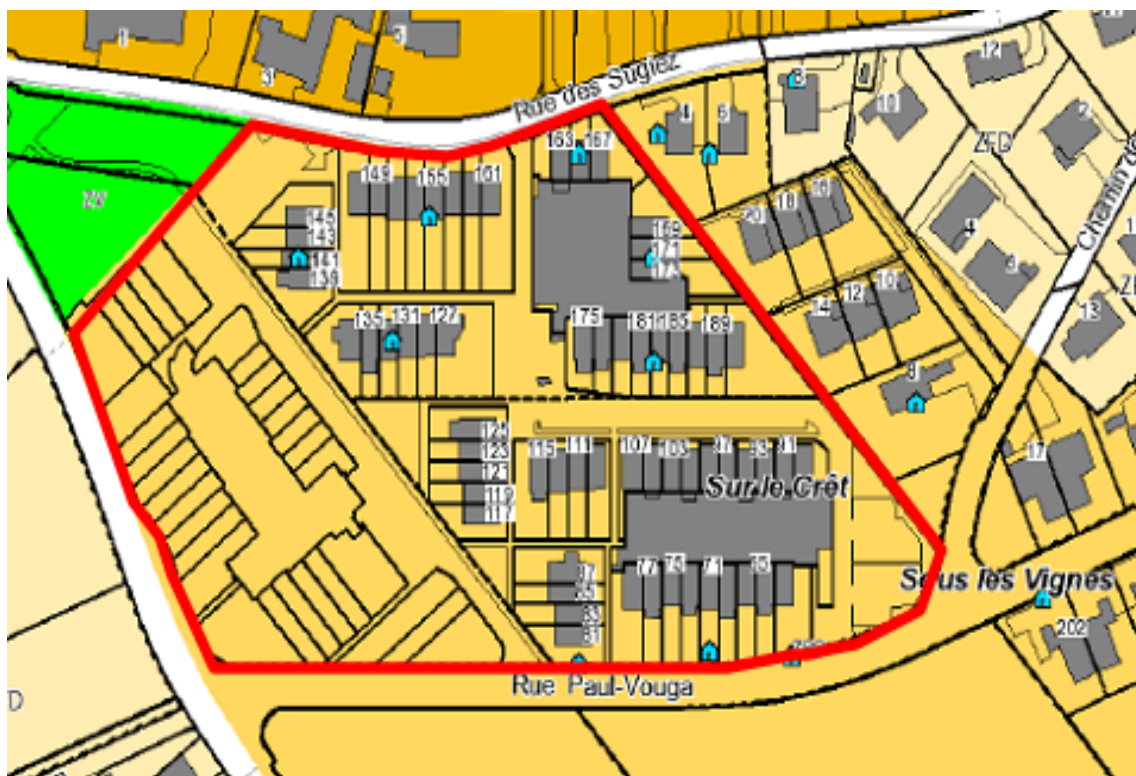
### A-1.3 Neuchâtel Observatoire – Délimitation du périmètre d'étude



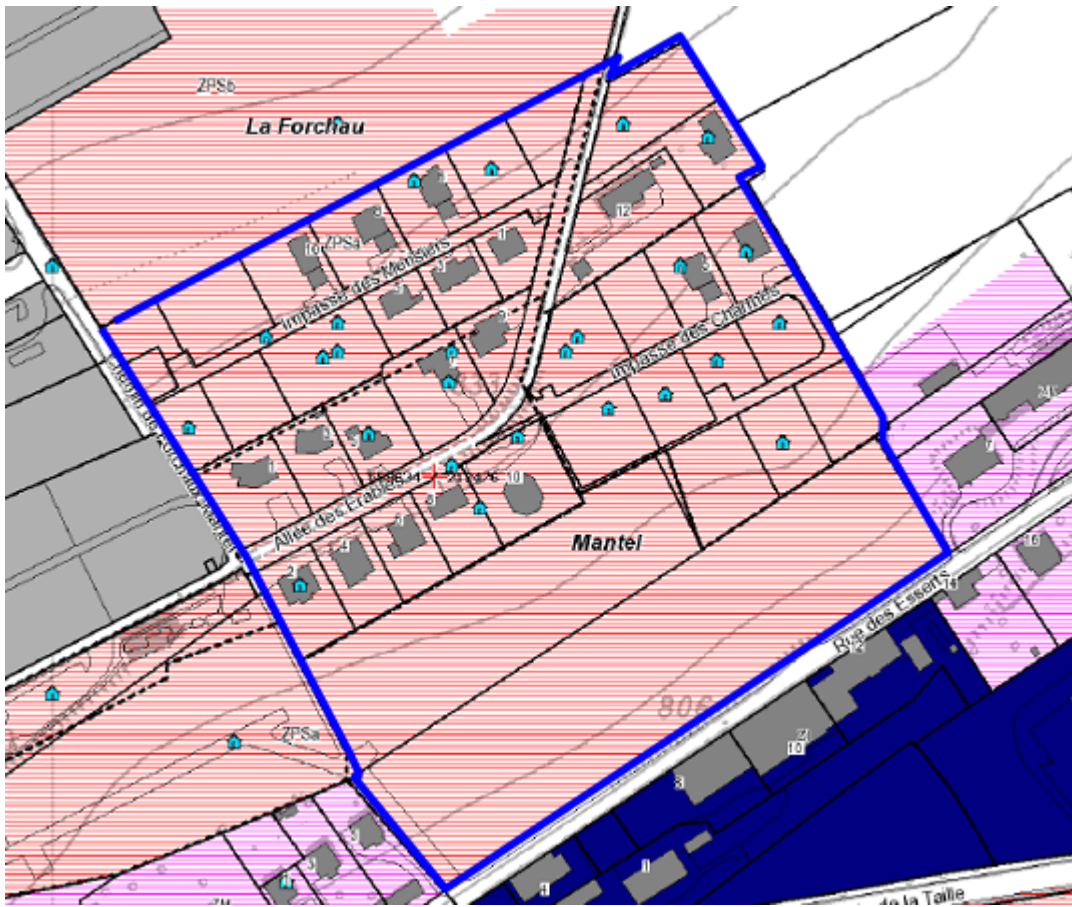
A-1.4. Corcelles – Cormondèche - Cudeau – Délimitation du périmètre d'étude



### A-1.5. Marin - La Tène – Délimitation du périmètre d'étude



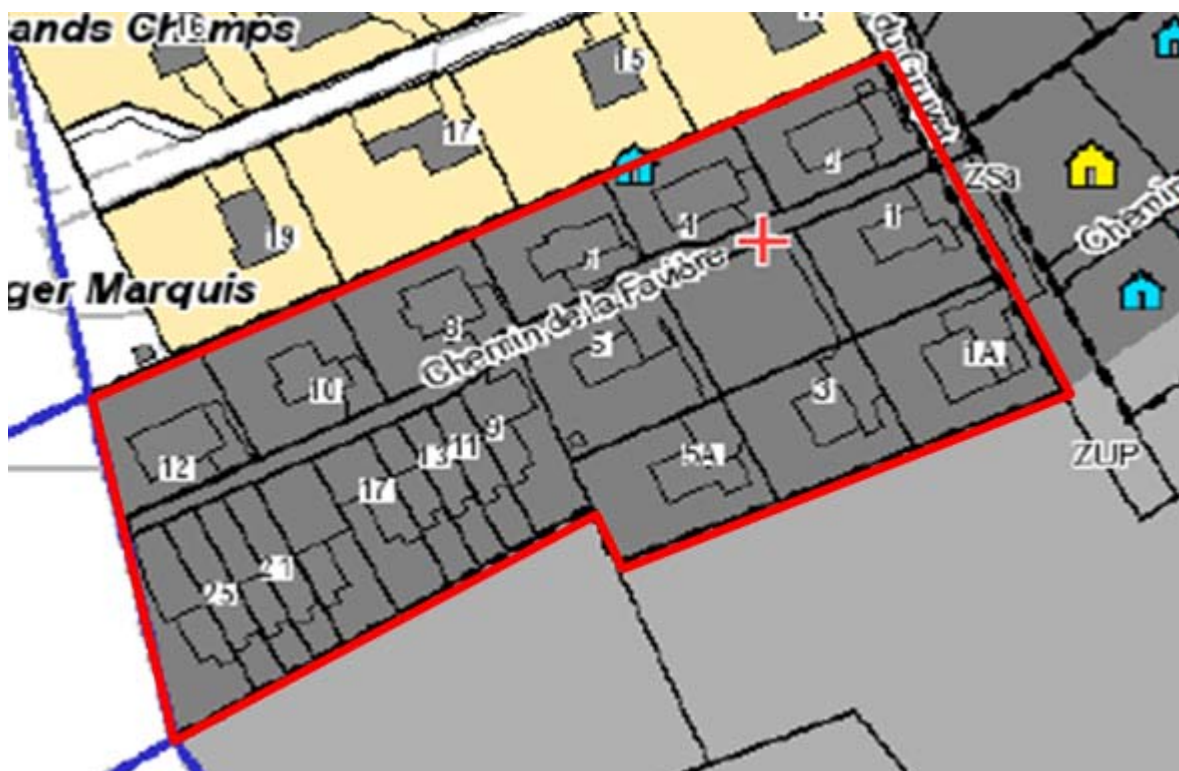
### A-1.6. Cernier - Forchaux-Mantel – Délimitation du périmètre d'étude



A-1.7. Quartier de Fontaines - Sus Pont



A-1.8. Quartier de Savagnier- Aux Prayes



## A-2. TRAME DES QUESTIONNAIRES ENVOYÉS

Questionnaire aux habitants (1/2)

# Questionnaire concernant le logement et la mobilité



Commune :

Quartier, Rue :

### Logement et ménage - votre statut

	indiquer la valeur	mettre une croix
Nombre de pièces habitables de votre logement	<input type="text"/>	
Jardin ou terrasse à disposition		<input type="checkbox"/>
Nombre de personnes composant votre ménage	<input type="text"/>	
dont: plus de 18 ans	<input type="text"/>	
dont: 12 à 18 ans	<input type="text"/>	
dont: moins de 12 ans	<input type="text"/>	
Nombre de personnes possédant un permis de conduire	<input type="text"/>	
Nombre de personnes possédant un abonnement demi-tarif	<input type="text"/>	
Nombre de personnes possédant un abonnement général	<input type="text"/>	
Nombre de personnes possédant un abonnement Onde verte	<input type="text"/>	
Nombre de personnes membres d'une coopérative d'autopartage (Mobility)	<input type="text"/>	

### Véhicules

Nombre de voitures dans le ménage	<input type="text"/>		
dont: essence	<input type="text"/>		
dont: diesel	<input type="text"/>		
dont: autre type de motorisation	<input type="text"/>		
Nombre de km parcourus en 2005	voiture 1	voiture 2	voiture 3
	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
nombre de km	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
consommation (l/100 km)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Nombre de places de stationnement à disposition à votre domicile	<input type="text"/>		
Nombre de motos dans le ménage	<input type="text"/>		
Nombre de km parcourus en 2005 (total motos)	<input type="text"/>		
Nombre de scooters dans le ménage	<input type="text"/>		
Nombre de km parcourus en 2005 (total scooters)	<input type="text"/>		
Nombre de cyclomoteurs dans le ménage	<input type="text"/>		
Nombre de km parcourus en 2005 (total cyclomoteurs)	<input type="text"/>		
Nombre de vélos dans le ménage	<input type="text"/>		

## Questionnaire aux habitants (2/2)

### Activités (travail ou formation) des membres du ménage et déplacements

	personne 1	personne 2	personne 3	personne 4	personne 5
Lieu d'activité ( <i>commune, quartier...</i> )					
Taux d'activité ( <i>en %</i> )					
Les déplacements se font : ( <i>mettre une croix</i> )					
voiture					
voiture / transports publics					
transports publics					
transports publics / à pied					
à pied					

### Déplacements des membres du ménage pour les achats

Principal lieu d'achat (*nom du centre commercial, quartier, commune ...*)

### Comment vous y rendez-vous ?

(*mettre une croix*)

à pied	<input type="checkbox"/>
à vélo	<input type="checkbox"/>
en moto/scooter	<input type="checkbox"/>
en voiture comme conducteur	<input type="checkbox"/>
en voiture comme passager	<input type="checkbox"/>
en train	<input type="checkbox"/>
en bus ou tram	<input type="checkbox"/>

### Consommation d'énergie du logement

Type de chauffage : bois	<input type="checkbox"/>	
Type de chauffage : pompe à chaleur	<input type="checkbox"/>	
Type de chauffage : gaz	<input type="checkbox"/>	
Type de chauffage : mazout	<input type="checkbox"/>	
Capteurs solaires thermiques		
surface	<input style="width: 100px;" type="text"/>	m <sup>2</sup>
Capteurs solaires photovoltaïques		
surface	<input style="width: 100px;" type="text"/>	m <sup>2</sup>
Consommation moyenne d'énergie de chauffage par année (mazout: litres, bois: m <sup>3</sup> , kg ou kWh, gaz/PAC: kWh) <i>Indiquer svpl l'unité (litres, kWh,...)</i>	<input style="width: 100px;" type="text"/>	
Consommation annuelle d'électricité ( <i>sans le chauffage éventuel</i> )	<input style="width: 100px;" type="text"/>	kWh
Consommation annuelle d'eau	<input style="width: 100px;" type="text"/>	m <sup>3</sup>

**Merci de vos précieux renseignements !**

## Questionnaire concernant l'habitation



Commune : Corcelles-Cormondrèche

Bâtiment : Rue Cudeau du Haut 17

### Consommation d'énergie du bâtiment

indiquer la  
valeur

mettre une  
croix

Type de chauffage : bois		
Type de chauffage : pompe à chaleur		
Type de chauffage : gaz		
Type de chauffage : mazout		
Capteurs solaires thermiques		
surface		m <sup>2</sup>
Capteurs solaires photovoltaïques		
surface		m <sup>2</sup>
Consommation moyenne d'énergie de chauffage par année (mazout: litres, bois: m <sup>3</sup> , kg ou kWh, gaz/PAC: kWh)		
Indiquer svpl l'unité (litres, kWh,...)		
Surface chauffée totale de l'immeuble		
Consommation annuelle d'électricité (pour les communs, sans le chauffage éventuel)		kWh
Consommation annuelle d'eau		m <sup>3</sup>

**Merci de vos précieux renseignements !**

# Questionnaire

## pour la détermination de l'énergie de construction par la méthode SNARC selon la Documentation SIA 0200

indiquer les valeurs totales pour l'ensemble du quartier

Commune : Marin-Epagnier

Quartier : La Tène

indiquer la valeur

cocher la case

### Ressources pour le terrassement et la mise en forme du terrain

Volumes de creuse, y compris talus et déplacements de terre		m <sup>3</sup>
Surfaces de blindages de fouilles (étayages, palplanches, parois de protection)		m <sup>2</sup>
Volume des bâtiments situé dans la nappe phréatique		m <sup>3</sup>
Surfaces des routes et aires carrossables		m <sup>2</sup>
Surface des murs de soutènement		m <sup>2</sup>

### Ressources pour le gros œuvre

Surface de plancher (selon norme SIA 416)		m <sup>2</sup>
Type de construction: légère (sous-sol massif)		<input type="checkbox"/>
Type de construction: mixte		<input type="checkbox"/>
Type de construction: massive		<input type="checkbox"/>
Type de construction: vitrée (>65% des façades)		<input type="checkbox"/>
Compacité: maximale (cube)		<input type="checkbox"/>
Compacité: forte		<input type="checkbox"/>
Compacité: moyenne		<input type="checkbox"/>
Compacité: faible		<input type="checkbox"/>
Compacité: très faible (bâtiment très découpé)		<input type="checkbox"/>
Taux de vitrage des façades		%
Type de fenêtres: bois		<input type="checkbox"/>
Type de fenêtres: bois-métal ou PVC		<input type="checkbox"/>
Type de fenêtres: métal		<input type="checkbox"/>

### Ressources pour les aménagements intérieurs

Standard d'aménagement: simple		<input type="checkbox"/>
Standard d'aménagement: normal		<input type="checkbox"/>
Standard d'aménagement: élevé		<input type="checkbox"/>
Standard d'aménagement: coûteux		<input type="checkbox"/>

### Chauffage

Surface de référence énergétique		m <sup>2</sup>
Besoin d'énergie de chauffage Qh selon norme SIA 380/1		MJ/an
Type de chauffage: bois		<input type="checkbox"/>
Type de chauffage: pompe à chaleur		<input type="checkbox"/>
Type de chauffage: gaz		<input type="checkbox"/>
Type de chauffage: mazout		<input type="checkbox"/>
Présence de capteurs solaires thermiques		<input type="checkbox"/>

## A-3. RÉSULTATS DES ENQUÊTES AUPRÈS DES HABITANTS

### A-3.1. Résultats pour le quartier du Crêt Tacconnet à Neuchâtel

Tableau de synthèse	Quartier du crêt tacconnet	Total	Moyenne	Min	Max	Ecart type	Moyenne Pondérée
Nombre de pièces habitables de votre logement		36.5	4.06	3	5.5	0.95581392	
Nombre de personnes composant votre ménage		25	2.78	1	4	1.13311545	
<b>Véhicules</b>							
Energie par ménage en voiture	kWh	226670.0	25185.56	0.0	89010.0	26919.695	
Energie par habitant en voiture	kWh	92235.0	10248.33	0.0	44505.0	12691.4884	9066.8
<b>Energie par ménage pour les transport individuels</b>							
Energie par ménage pour les transport individuels	kWh	231620.0	25735.56	0.0	89010.0	27169.3921	
Energie par habitant pour les transport individuels	kWh	93585.0	10398.33	0.0	44505.0	12671.8439	9264.8
<b>Déplacements pendulaires</b>							
Energie par ménage pour les activités	kWh	70148.4	7794.27	0.0	35871.6	11330.1911	
Energie par habitant pour les activités	kWh	30692.0	3410.22	0.0	17935.8	5496.48981	2805.9
Impact moyen des ménages	kWh/km	4.7	0.52	0.0	1.4	0.53091135	
<b>Déplacements pour les achats</b>							
Energie annuelle par ménage pour les achats	kWh	7646.6	849.62	0.0	3186.1	880.082627	
Energie annuelle par ménage pour les achats	kWh	3640.6	404.51	0.0	1593.0	471.975468	305.9
Impact moyen des ménages	kWh/km	10.1	1.12	0.0	1.5	0.60141485	
<b>Consommation logement</b>							
Energie de chauffage annuelle par Ménage	kWh	3025.7					
Par personne		1089.3					

### A-3.2. Résultats pour le quartier la Dime à Neuchâtel

Tableau de synthèse		Quartier de la dime	Total	Moyenne	Min	Max	Ecart type	Moyenne Pondérée
Nombre de pièces habitables de votre logement			68.6190476	3.12	2	4	0.73708211	
Nombre de personnes composant votre ménage			40	1.81	1	4	0.77571361	
<b>Véhicules</b>								
Energie par ménage en voiture		kWh	303930.0	14472.86	0.0	42120.0	13404.5085	
Energie par habitant en voiture		kWh	182265.0	8679.29	0.0	42120.0	10317.8138	7634.6
<b>Déplacements pendulaires</b>								
Energie par ménage pour les transport individuels		kWh	320130.0	15244.29	0.0	42120.0	14045.3417	
Energie par habitant pour les transport individuels		kWh	191265.0	9107.86	0.0	42120.0	10605.1709	8041.5
<b>Déplacements pendulaires</b>								
Energie par ménage pour les activités		kWh	102550.9	4883.38	0.0	46940.7	10851.3461	
Energie par habitant pour les activités		kWh	83238.9	3963.76	0.0	46940.7	10770.469	2576.0
Impact moyen des ménages		kWh/km	13.3	0.63	0.0	1.6	0.61206331	
<b>Déplacements pour les achats</b>								
Energie annuelle par ménage pour les achats		kWh	14618.5	696.12	0.0	5997.3	1242.95326	
Energie annuelle par ménage pour les achats		kWh	10967.8	522.28	0.0	5997.3	1249.90099	367.2
Impact moyen des ménages		kWh/km	18.0	0.86	0.0	2.2	0.73075114	
<b>Consommation logement</b>								
Energie de chauffage annuelle par Ménage		kWh	4491.1					
Par personne			2481.9					

### A-3.3. Résultats pour le quartier Rue de l'Observatoire à Neuchâtel

<b>Tableau de synthèse</b>	Quartier de l'observatoire	Total	Moyenne	Min	Max	Ecart type	Moyenne Pondérée
Nombre de pièces habitables de votre logement		25	4.17	2	5	0.9860133	
Nombre de personnes composant votre ménage		15	2.50	1	4	0.95742711	
<b>Véhicules</b>							
Energie par ménage en voiture	kWh	193280.0	32213.33	0.0	81200.0	25490.6693	
Energie par habitant en voiture	kWh	110360.0	18393.33	0.0	43200.0	17002.5946	12885.3
<b>Energie</b>							
Energie par ménage pour les transport individuels	kWh	202280.0	33713.33	0.0	81200.0	25721.2796	
Energie par habitant pour les transport individuels	kWh	117560.0	19593.33	0.0	48600.0	18252.2388	13485.3
<b>Déplacements pendulaires</b>							
Energie par ménage pour les activités	kWh	33358.5	5559.75	433.9	17206.3	6552.724	
Energie par habitant pour les activités	kWh	14754.5	2459.09	108.5	8603.1	3027.85746	2223.9
Impact moyen des ménages	kWh/km	7.1	1.18	0.2	2.2	0.58943146	
<b>Déplacements pour les achats</b>							
Energie annuelle par ménage pour les achats	kWh	9089.7	1514.95	0.0	5997.3	2031.8484	
Energie annuelle par ménage pour les achats	kWh	4888.5	814.74	0.0	2998.7	1039.13551	606.0
Impact moyen des ménages	kWh/km	7.4	1.23	0.0	2.2	0.64487283	
<b>Consommation logement</b>							
Energie de chauffage annuelle par Ménage	kWh	16409.1					
Par personne		<b>6563.6</b>					
Electricité avec communs	kWh	3972					
Par personne		<b>1588.7</b>					
Energie liée à l'eau	kWh	732.1					
Par personne		<b>292.8</b>					

### A-3.4. Résultats pour le quartier de Corcelles-Cormondèche Cudeau du Haut

<b>Tableau de synthèse</b>		Quartier de Corcelles				<b>Moyenne Pondérée</b>
		<b>Total</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Ecarttype</b>	
Nombre de pièces habitables de votre logement		149.5	3.83	1.5	5	0.82689823
Nombre de personnes composant votre ménage		81	2.08	1	5	1.04720912
<b>Véhicules</b>						
Energie par ménage en voiture	kWh	1015034.0	26026.51	0.0	58500.0	13631.3347
Energie par habitant en voiture	kWh	574436.0	14729.13	0.0	34560.0	8522.80449
<b>Energie par ménage pour les transport individuels</b>						
Energie par ménage pour les transport individuels	kWh	1049865.8	26919.64	0.0	58500.0	13456.4417
Energie par habitant pour les transport individuels	kWh	593846.9	15226.84	0.0	34560.0	8510.7452
<b>Déplacements pendulaires</b>						
Energie par ménage pour les activités	kWh	174303.0	4489.31	0.0	28545.0	6682.50377
Energie par habitant pour les activités	kWh	95176.2	2440.42	0.0	24104.7	4545.12532
Impact moyen des ménages	kWh/km	30.9	0.79	0.0	2.2	0.62594634
<b>Déplacements pour les achats</b>						
Energie annuelle par ménage pour les achats	KWh	19362.0	496.46	0.0	3186.1	521.762282
Energie annuelle par ménage pour les achats	KWh	11776.3	301.96	0.0	3186.1	483.833088
Impact moyen des ménages	kWh/km	54.3	1.39	0.0	2.2	0.48097213
<b>Consommation logement</b>						
Energie de chauffage annuelle par Ménage	kWh	927238.2	6747.05	6500.0	913888.9	427664.921
Par personne		6554.3	3338.30	3129.6	3424.6	147.505875
Electricité	kWh	29514	719.85	14514.0	15000.0	243
Par personne		842.8	346.60	241.0	601.9	180.439336
Energie liée à l'eau	kWh	525.7	217.13	152.6	373.1	110.245115
Par personne		253.1	104.54	73.5	179.6	53.0809813

### A-3.5. Résultats pour le quartier de Marin la Tène

Tableau de synthèse		Quartier de Marin				Moyenne
		Total	Moyenne	Min	Max	Ecart.type
						Pondérée
<b>Véhicules</b>						
Nombre de pièces habitables de votre logement		129	5.16	4	6	0.44090815
Nombre de personnes composant votre ménage		92	3.54	2	6	1.11737223
<b>Véhicules</b>						
Energie par ménage en voiture	kWh	791517.0	30442.96	0.0	144000.0	27789.637
Energie par habitant en voiture	kWh	218871.8	8418.14	0.0	36000.0	7302.71366
<b>Véhicules</b>						
Energie par ménage pour les transport individuels	kWh	810417.0	31169.88	0.0	144000.0	28037.2542
Energie par habitant pour les transport individuels	kWh	223131.8	8581.99	0.0	36000.0	7381.39377
<b>Déplacements pendulaires</b>						
Energie par ménage pour les activités	kWh	383444.7	14747.87	746.3	64702.0	17112.3455
Energie par habitant pour les activités	kWh	106562.3	4098.17	277.7	16175.5	4127.81261
Impact moyen des ménages	kWh/km	26.3	1.10	0.2	2.5	0.63873914
<b>Déplacements pour les achats</b>						
Energie annuelle par ménage pour les achats	kWh	8087.0	311.04	0.0	702.8	163.688807
Energie annuelle par ménage pour les achats	kWh	2473.8	95.15	0.0	351.4	79.6940135
Impact moyen des ménages	kWh/km	32.0	1.33	0.0	2.5	0.60786329
<b>Consommation logement</b>						
Energie de chauffage annuelle par Ménage	kWh	200269.0	10013.45	1300.0	23600.0	4986.20047
Par personne		67377.6	3368.88	325.0	11800.0	2304.83906
Electricité	kWh	73038	3651.90	1400.0	7200.0	1342.82634
Par personne		22494.5	1124.73	466.7	1800.0	333.426866
Energie liée à l'eau	kWh	9694.0	510.21	166.5	1296.7	268.972963
Par personne		2881.0	151.63	83.3	324.7	59.0157237

### A-3.6. Résultats pour le quartier de Cernier Forchaux-Mantel

<b>Tableau de synthèse</b>		Quartier de Cernier	Total	Moyenne	Min	Max	Ecart type	Moyenne Pondérée
Nombre de pièces habitables de votre logement			70	5.83	5	5	71	0.68718427
Nombre de personnes composant votre ménage			52	4.33	3	3	6	0.84983659
<b>Véhicules</b>								
Energie par ménage en voiture		kWh	427206.0	35600.50	13392.0	66880.0	14115.5475	
Energie par habitant en voiture		kWh	102480.5	8540.04	3348.0	16720.0	4036.94074	8215.5
<b>Energie par ménage pour les transport individuels</b>								
Energie par ménage pour les transport individuels		kWh	427656.0	35638.00	13392.0	67330.0	14198.9476	
Energie par habitant pour les transport individuels		kWh	102593.0	8549.42	3348.0	16832.5	4056.01178	8224.2
<b>Déplacements pendulaires</b>								
Energie par ménage pour les activités		kWh	160051.8	13337.65	4757.5	25690.5	5235.62932	
Energie par habitant pour les activités		kWh	38503.3	3208.60	1387.6	6422.6	1490.09	3077.9
Impact moyen des ménages		kWh/km	15.8	1.32	0.7	2.0	0.36793287	
<b>Déplacements pour les achats</b>								
Energie annuelle par ménage pour les achats		kWh	7358.0	613.16	299.9	1030.8	221.020374	
Energie annuelle par ménage pour les achats		kWh	1742.2	145.18	67.5	257.7	56.8883058	141.5
Impact moyen des ménages		kWh/km	17.0	1.42	1.0	2.0	0.30310896	
<b>Consommation logement</b>								
Energie de chauffage annuelle par Ménage		kWh	108476.0	13559.50	9000.0	26600.0	5476.35661	
Par personne			25755.7	3219.46	2000.0	5320.0	1125.1098	
Electricité		kWh	40140	4460.00	3100.0	6700.0	1077.19801	
Par personne			9293.3	1032.59	700.0	1340.0	194.179361	
Energie liée à l'eau		kWh	4269.8	474.42	296.0	666.0	107.742489	
Par personne			999.4	111.05	72.5	166.5	27.4369435	

### A-3.7. Résultats pour le quartier de Fontaines Suspont

Tableau de synthèse		Quartier de Fontaines				Moyenne Pondérée
	Total	Moyenne	Min	Max	Ecart type	
Nombre de pièces habitables de votre logement	102	5.67	4	8	0.92796073	
Nombre de personnes composant votre ménage	64	3.56	2	5	1.16534316	
<b>Véhicules</b>						
Energie par ménage en voiture	642829.6	35712.76	9585.0	78300.0	16554.5841	
Energie par habitant en voiture	203930.7	11329.48	2520.0	39150.0	7794.21415	10044.2
Energie par ménage pour les transport individuels	652099.6	36227.76	9585.0	78300.0	16707.6911	
Energie par habitant pour les transport individuels	205784.7	11432.48	2520.0	39150.0	7751.83683	10189.1
<b>Déplacements pendulaires</b>						
Energie par ménage pour les activités	266522.7	14806.82	0.0	81987.6	20505.1572	
Energie par habitant pour les activités	93398.7	5188.82	0.0	40993.8	9269.08583	4164.4
Impact moyen des ménages	18.5	1.03	0.0	2.0	0.55746237	
<b>Déplacements pour les achats</b>						
Energie annuelle par ménage pour les achats	16042.9	891.27	206.2	3935.8	992.912641	
Energie annuelle par ménage pour les achats	5569.4	309.41	41.2	1237.0	350.65526	250.7
Impact moyen des ménages	26.0	1.45	1.0	2.0	0.28352559	
<b>Consommation logement</b>						
Energie de chauffage annuelle par Ménage	173848.0	15804.36	8580.0	26815.0	4731.85538	
Par personne	52599.8	4781.80	2145.0	13407.5	3093.32062	
Electricité	58383	3892.20	1639.0	6000.0	1021.33463	
Par personne	18437.1	1229.14	327.8	2022.0	467.994332	
Energie liée à l'eau	6304.8	420.32	129.5	666.0	154.775029	
Par personne	1886.7	125.78	25.9	244.2	48.3846254	

### A-3.8. Résultats pour le quartier de Savagnier aux Prayes

Tableau de synthèse		Quartier de Savagnier			Total	Moyenne	Min	Max	Ecart type	Moyenne Pondérée
Nombre de pièces habitables de votre logement		12.5	6.25	5	7.5	1.25				
Nombre de personnes composant votre ménage		5	2.50	1	4	1.5				
<b>Véhicules</b>										
Energie par ménage en voiture		kWh	82435.0	41217.50	39235.0	43200.0	1982.5			
Energie par habitant en voiture		kWh	53008.8	26504.38	9808.8	43200.0	16695.625			16487.0
<b>Energie par ménage pour les transport individuels</b>										
Energie par ménage pour les transport individuels		kWh	82615.0	41307.50	39415.0	43200.0	1892.5			
Energie par habitant pour les transport individuels		kWh	53053.8	26526.88	9853.8	43200.0	16673.125			16523.0
<b>Déplacements pendulaires</b>										
Energie par ménage pour les activités		kWh	18792.1	9396.06	9277.1	9515.0	118.9375			
Energie par habitant pour les activités		kWh	11834.3	5917.14	2319.3	9515.0	3597.85938			3758.4
Impact moyen des ménages		kWh/km	2.6	1.31	1.2	1.4	0.13515625			
<b>Déplacements pour les achats</b>										
Energie annuelle par ménage pour les achats		kWh	1452.5	726.24	599.7	852.7	126.50625			
Energie annuelle par ménage pour les achats		kWh	812.9	406.46	213.2	599.7	193.273438			290.5
Impact moyen des ménages		kWh/km	2.6	1.31	1.2	1.4	0.13515625			
<b>Consommation logement</b>										
Energie de chauffage annuelle par Ménage		kWh	35000.0	17500.00	15000.0	20000.0	2500			
Par personne			20000.0	10000.00	5000.0	15000.0	5000			
Electricité		kWh	6050	3025.00	1650.0	4400.0	1375			
Par personne			2750.0	1375.00	1100.0	1650.0	275			
Energie liée à l'eau		kWh	3034.0	1517.00	74.0	2960.0	1443			
Par personne			814.0	407.00	74.0	740.0	333			