



**HAL**  
open science

# Analyse de la relation entre le type d'urbanisation et la consommation en eau des ménages - Le cas de l'agglomération de Montpellier

J.F. Desprats, J.D. Rinaudo, Marielle Montginoul

## ► To cite this version:

J.F. Desprats, J.D. Rinaudo, Marielle Montginoul. Analyse de la relation entre le type d'urbanisation et la consommation en eau des ménages - Le cas de l'agglomération de Montpellier. [Rapport de recherche] BRGM/RP-61856-FR, irstea; Brgm. 2012, pp.44. hal-02600139

**HAL Id: hal-02600139**

**<https://hal.inrae.fr/hal-02600139>**

Submitted on 16 May 2020

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.





# Analyse de la relation entre le type d'urbanisation et la consommation en eau des ménages

Agglomération de Montpellier

**BRGM/RP-61856-FR**

Décembre 2012

Étude réalisée dans le cadre du projet  
de Recherche PDR09EAU&3E

**Desprats J.F., Rinaudo J.D., Montginoul M.**

**Vérificateur :**

Nom : N. GRAVELINE Date

Signature :

**Approbateur :**

Nom : JC MARECHAL Date :

Signature :

En l'absence de signature, notamment pour les rapports diffusés en version numérique,  
l'original signé est disponible aux Archives du BRGM.

**Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2000.**

Mots clés : Agglomération de Perpignan, télédétection, habitat, consommation eau

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

Desprats J.F., Rinaudo J.D., Montginoul M. (2011) -. Analyse de la relation entre le type d'urbanisation et la consommation en eau des ménages - Agglomération de Montpellier. RP-61856-FR

## Synthèse

En région Languedoc Roussillon, la forte préférence des ménages pour l'habitat individuel a conduit à un étalement urbain, non seulement sur les territoires périurbains mais aussi ruraux. Bien que répondant aux aspirations individuelles de la population, ce modèle urbain à faible densité est de plus en plus remis en cause. Il conduit en effet à une très forte consommation d'espace, au détriment des terres agricoles, des espaces naturels et de la biodiversité « ordinaire ». Il est coûteux en termes de réseaux (électricité, eau potable et assainissement, transport), d'infrastructures de transport (augmentation des distances résidence – lieu de travail) et souvent jugé peu structurant d'un point de vue social. Enfin, il conduit probablement à une augmentation du niveau de consommation en eau du fait des usages extérieurs (arrosage des jardins et piscines). C'est à cette dernière question que s'intéresse ce rapport, qui a été réalisé dans le cadre du projet de recherche Eau&3E financé par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre de son programme « Villes Durables », en partenariat avec la Communauté d'Agglomérations de Montpellier (CAM).

L'objectif du travail présenté dans ce rapport est de valider l'existence d'une relation statistique entre les caractéristiques de l'habitat et le niveau de consommation en eau. L'étude porte uniquement sur l'habitat individuel. La méthodologie mise en œuvre a consisté à caractériser l'occupation du sol de 56506 parcelles cadastrales correspondant à de l'habitat individuel, à partir du traitement d'une photographie aérienne à très haute résolution (20 cm). Pour chaque parcelle, ont été estimées la surface en pelouse arrosée, la surface arborée, la surface imperméabilisée, la présence d'une piscine et sa surface. Les besoins théoriques en eau associés à l'arrosage des pelouses et des arbres ainsi que ceux liés à l'usage de la piscine ont ensuite été estimés, considérant des pratiques moyennes des ménages. La variabilité du climat entre les communes a été prise en compte dans le calcul de l'évaporation (piscine) et de l'évapotranspiration (arrosage du jardin).

Sur ces 56506 parcelles, 92 quartiers ont été choisis, correspondant à 3178 parcelles cadastrales pour lesquelles l'adresse a été précisée. La liaison a alors pu être faite entre les consommations théoriques issues de l'analyse télédétection, et les consommations réelles issues de l'étude statistique faite sur les fichiers de consommations fournis par VEOLIA.



## Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>11</b>
<b>2. Zone d'étude et données .....</b>	<b>13</b>
2.1. ZONE D'ETUDE.....	13
2.2. DONNEES DISPONIBLES .....	14
<b>3. Méthodologie.....</b>	<b>17</b>
3.1. CARACTERISATION DE L'HABITAT .....	18
3.2. IDENTIFICATION D'UN JEU DE PARCELLES POUR UNE ANALYSE STATISTIQUE POUSSEE.....	19
<b>4. Identification des surfaces consommatrices en eau par télédétection.....</b>	<b>21</b>
4.1. CLASSIFICATION DE L'ORTHOPHOTO 2008 .....	21
4.2. INTEGRATION DANS LE PARCELLAIRE DES SURFACES CONSUMMATRICES.....	23
<b>5. Evaluation de la consommation en eau pour les usages extérieurs .....</b>	<b>26</b>
5.1. HYPOTHESES DE CONSOMMATIONS.....	26
5.1.1. Consommation en eau des piscines.....	26
5.1.2. Consommation en eau pour l'arrosage.....	28
5.2. EVALUATION DES VOLUMES CONSOMMES POUR LES USAGES EXTERIEURS .....	28
5.3. SYNTHESE DES RESULTATS .....	31
<b>6. Prise en compte du changement climatique.....</b>	<b>35</b>
6.1. ANALYSES DES DONNEES METEOROLOGIQUES. ....	35
6.2. SIMULATION DE CONSOMMATION POUR LA PERIODE 2046-2060.....	37
<b>7. Comparaisons des consommations estimées et observées .....</b>	<b>39</b>



7.1. MISE EN RELATION AVEC LE FICHER DES CONSOMMATIONS.....	39
7.1.1. Analyse individuelle.....	39
7.1.2. Analyse par quartier.....	39
<b>8. Conclusion.....</b>	<b>43</b>

## Liste des figures

<i>Figure 1: Communes de la CAM.....</i>	13
<i>Figure 2: Répartition des distributeurs d'eau sur la CAM.....</i>	14
<i>Figure 3: Méthodologie proposée.....</i>	17
<i>Figure 4: Catégorisation du parcellaire bâti en 10 catégories (surface moyenne et le pourcentage de l'effectif).....</i>	18
<i>Figure 5: Classification du parcellaire en 10 catégories (la catégorie 10 – parcellaire &gt; 5000m<sup>2</sup> - n'est pas représentée).....</i>	19
<i>Figure 6: classification supervisée sur les 9 secteurs.....</i>	22
<i>Figure 7: Intégration de l'occupation du sol pour chaque parcelle.....</i>	23
<i>Figure 8: Relation entre la température et l'évaporation pour différentes vitesses de vent (Dorsey et al, 1940)).....</i>	27
<i>Figure 9: Relation la consommation en eau pour les usages extérieurs et la surface du parcellaire.....</i>	30

## Liste des tableaux

<i>Tableau 1: Classification des 3178 parcelles échantillonnées selon le type d'habitat.....</i>	20
<i>Tableau 2 : Tableau de synthèse associant le parcellaire à l'occupation du sol.....</i>	25
<i>Tableau 3 : calcul de l'évaporation (données SAFRAN Météo France).....</i>	27
<i>Tableau 4 : Evaluation de la consommation en eau pour les piscines.....</i>	29
<i>Tableau 5 : Evaluation de la consommation en eau pour les jardins – 56506 parcelles (54898 sans la classe 10).....</i>	30
<i>Tableau 6 : Evaluation de la consommation en eau pour les piscines et jardins – échantillon de 3178 parcelles.....</i>	31
<i>Tableau 7 : Evaluation de la consommation en eau pour les piscines et jardins – totalité des parcelles.....</i>	31
<i>Tableau 8: Synthèse des paramètres météorologiques utilisés : ETP et évaporation (journalier).....</i>	36
<i>Tableau 9 : simulation des consommations pour usages extérieurs entre 2046-2060.....</i>	37

<i>Tableau 10 : consommations en eau (VEOLIA) et taille du parcellaire .....</i>	<i>40</i>
<i>Tableau 11 : Cartographie des réseaux d'assainissement et d'eau brute.....</i>	<i>41</i>
<i>Tableau 12 : Surface bâtie et consommation en eau .....</i>	<i>42</i>



# 1. Introduction

La méthodologie développée en 2009-2010 dans le Vaucluse (projet Agence RMC) puis affinée sur l'Agglomération de Perpignan en 2010-2011 (projet ANR Eau&3<sup>E</sup>) permet de valider, après caractérisation de l'habitat résidentiel, l'existence d'une relation statistique entre les caractéristiques de cet habitat et le niveau de consommation en eau.

Connaître et identifier les facteurs explicatifs de la consommation en eau des ménages doit permettre d'influer sur la consommation à venir, dans une perspective de limitation de la disponibilité liée aux évolutions climatiques, mais aussi à une augmentation de la demande liée à la croissance démographique.

La région Languedoc Roussillon, et plus particulièrement la région montpelliéraine, connaît une forte croissance démographique, avec un développement important de l'habitat individuel conduisant à un étalement urbain, sur les territoires périurbains mais aussi ruraux. Ce modèle urbain à faible densité est de plus en plus remis en cause, car très gros consommateur d'espace, au détriment des terres agricoles, des espaces naturels et de la biodiversité « ordinaire ». Il est coûteux en termes de réseaux (électricité, eau potable et assainissement, transport), d'infrastructures de transport (augmentation des distances résidence – lieu de travail) et souvent jugé peu structurant d'un point de vue social. Enfin, il conduit probablement à une augmentation du niveau de consommation en eau du fait des usages extérieurs (arrosage des jardins et piscines). C'est à cette dernière question que s'intéresse ce rapport, qui a été réalisé dans le cadre du projet de recherche Eau&3E, cofinancé par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre de son programme « Villes Durables », en partenariat avec l'Agglomération de Montpellier (CAM).



## 2. Zone d'étude et données

### 2.1. ZONE D'ETUDE

La Communauté d'Agglomération compte 31 communes. Elle s'étend sur 439 km<sup>2</sup>, et compte près de 367 000 habitants, dont 61.4% sur la seule commune de Montpellier (Figure 1).

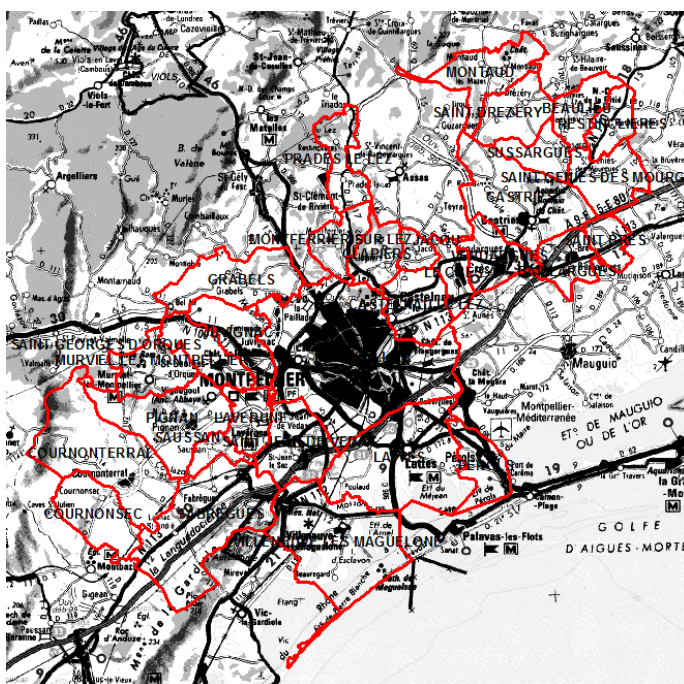


Figure 1: Communes de la CAM

Les données de consommation en eau étant mises à disposition par VEOLIA. Aussi, l'analyse sera ciblée sur les 17 communes desservies par ce distributeur : 8 par VEOLIA directement (Le Crès, Jacou, Juvignac, Lattes, Montpellier, Prades le Lez, Vendargues, Villeuneuve-lès-Maguelonne) et 9 par le Syndicat mixte Garrigues-Campagne (Baillargues, Beaulieu, Castelnau-le-Lez, Castries, Clapiers, Montaud, Restinclières, St-Drezery, St Geniès des Mourgues). Les 9 communes gérées par la Lyonnaise, et les 5 communes gérées par la SAUR seront hors zone d'échantillonnage.

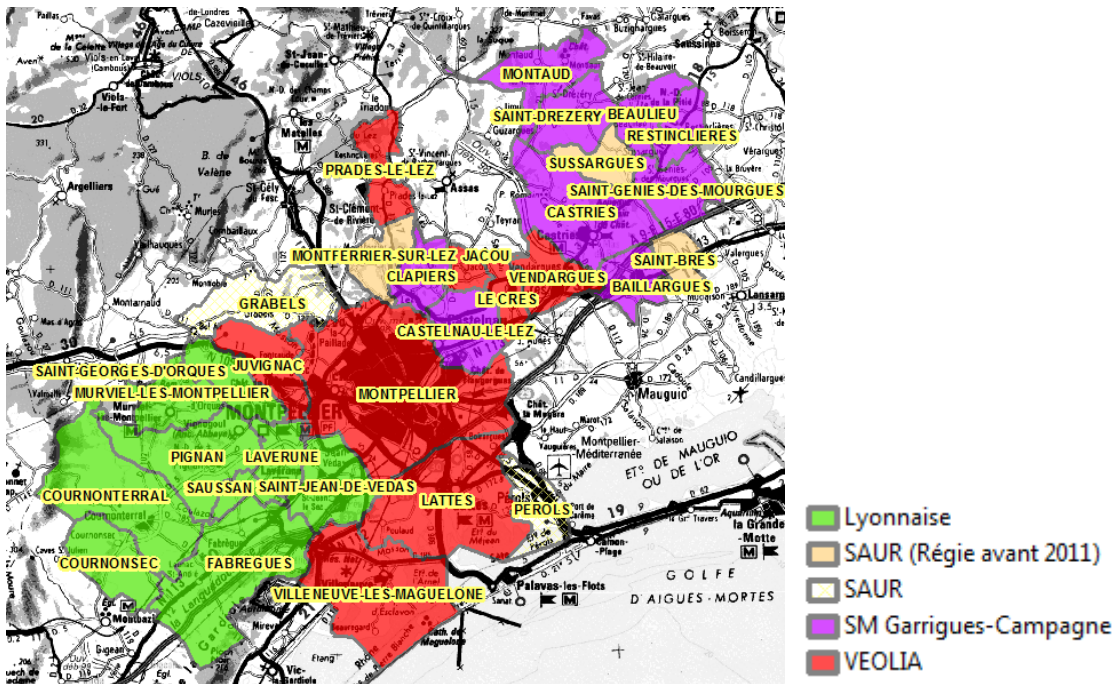


Figure 2: Répartition des distributeurs d'eau sur la CAM

## 2.2. DONNEES DISPONIBLES

Les données utilisées sont les suivantes :

1. Le cadastre numérique. L'identifiant unique résulte de la combinaison du code de la commune, de la section cadastrale et du numéro de la parcelle. La surface totale, ainsi que la proportion en bâti seront utilisées lors de l'analyse des données.
2. Les bases IGN BD Parcelle et BD Adresse constituent le deuxième ensemble de données. Elles vont permettre d'associer le parcellaire (identité polygonale) à une adresse (identité points et lignes). Ces bases prennent en compte le linéaire routier d'une part, et les adresses positionnées sur le milieu de la voirie d'autre part. Un traitement manuel (avec visite de terrain dans certains cas difficiles) a été nécessaire afin d'affecter l'adresse de la BD Adresse au polygone « Parcelle » du cadastre. En effet, un traitement automatique est rendu difficile par un positionnement souvent défailant de la localisation des adresses (décalage fréquent en début de rue, gestion difficile des numéros bis ou ter, ainsi que des numérotations métriques).
3. Les données météorologiques sont des données SAFRAN fournies par Météo France, retraitées par l'IRSTEA pour affecter à chaque commune une moyenne pondérée des mailles SAFRAN les plus proches (1958-2009). Il s'agit des mesures de la pluviométrie, de la température, de l'ETP et du vent.

4. La seule donnée de télédétection disponible est l'ortho photographie acquise pour la CAM en octobre 2008. L'utilisation d'une image acquise en d'été était impérative, afin de différencier les surfaces en herbe irriguée des surfaces non irriguées. Idéalement une image complémentaire acquise en hiver ou au printemps aurait permis un traitement multi temporel permettant une différenciation optimisée entre certaines classes (arbres et surfaces arrosées en particulier). Cette date d'acquisition, tardive dans la saison présente en outre le gros désavantage d'une proportion importante des surfaces en ombre, du fait d'une position du soleil beaucoup plus basse à cette époque de l'année qu'en milieu d'été.





### 3. Méthodologie

La méthodologie proposée (Figure 3) s'appuie sur l'utilisation de la télédétection, la couverture ortho photographique acquise en octobre 2008 pour caractériser le parcellaire résidentiel (données géographique de la BD Parcelle) concernant les deux principaux motifs d'utilisation d'eau en dehors des usages ménagers : le remplissage des piscines et l'entretien des espaces verts.

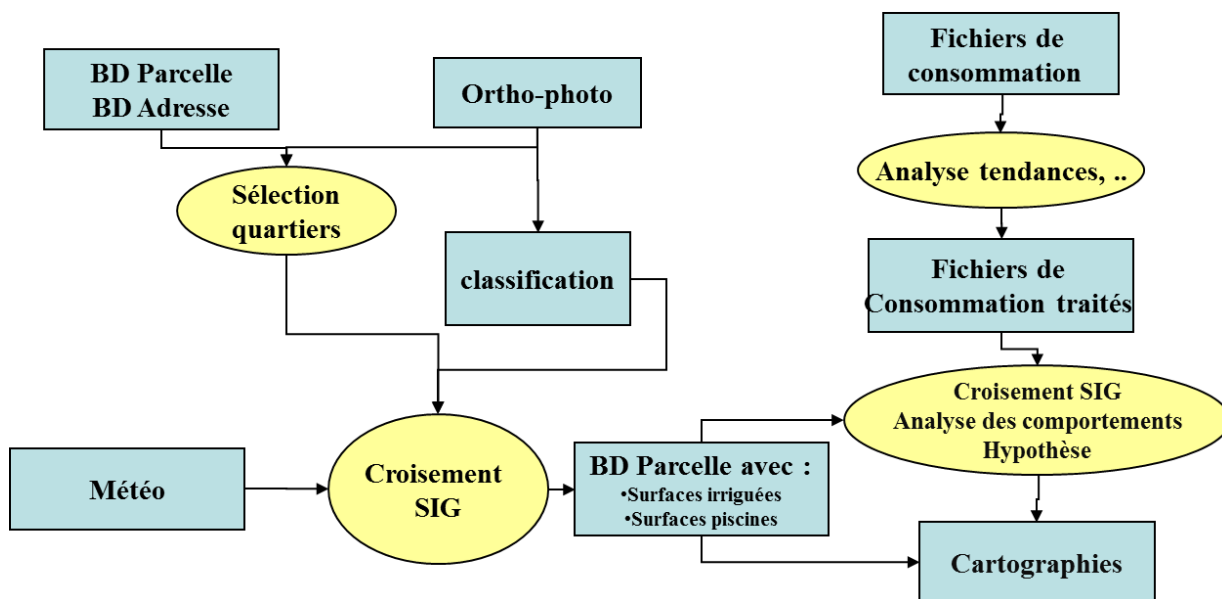


Figure 3: Méthodologie proposée

Cette analyse vise donc dans un premier temps par une approche SIG à superposer le parcellaire cadastral à une classification de l'occupation, afin d'évaluer les surfaces en eau et les surfaces potentiellement arrosées.

Une évaluation des volumes consommés est réalisée après prise en compte de données météorologiques, (1) pour l'année 2008, année de prise de vue des orthophotos, (2) pour la décade 2000-2009, représentative des historiques de consommation en eau mise à disposition par les différents distributeurs, et enfin (3) pour les années 2045-2060, afin de tenir compte du contexte « changement climatique » et ainsi évaluer les possibles tendances, intégrer différents scénarii, ..

Deux fichiers distincts seront analysés :

- le premier correspond à la totalité des parcelles cadastrales bâties situées sur les 9 zones ayant fait l'objet d'une classification de l'ortho photo 2008. L'échantillon est de 56506 parcelles, soit 86.8% du parcellaire bâti des 17 communes étudiées.
- le second correspond à un échantillon de 92 quartiers (3178 parcelles) sélectionnés dans des zones résidentielles en dehors des cœurs de village, afin d'éviter au maximum le logement collectif.

C'est sur ce dernier jeu de données qu'une relation avec les fichiers de consommations pourra être faite, les parcelles sélectionnées étant localisées via leur adresse. L'analyse statistique réalisée alors aura pour objectif d'analyser les tendances en fonction de différents paramètres tels que la localisation, le type d'habitat, la présence de forage, les surfaces arrosées, la présence de piscines, ...

### 3.1. CARACTERISATION DE L'HABITAT

Préalablement à l'analyse de la consommation en eau, il est apparu nécessaire de réaliser une typologie de l'habitat individuel. Rappelons que l'étude se concentre uniquement sur les logements individuels (collectifs exclus) et sur les usages domestiques (agriculteurs, artisans et autres usages industriels et commerciaux exclus). Les critères d'analyse (*Figure 4*) sont donc la surface de la parcelle et le ratio entre « Bâti » et surface totale de la parcelle cadastrale, afin d'identifier 10 classes d'habitat résidentiel. L'analyse statistique a été réalisée sur 58878 parcelles situées dans les zones urbanisées de la CAM. (*Figure 5*)

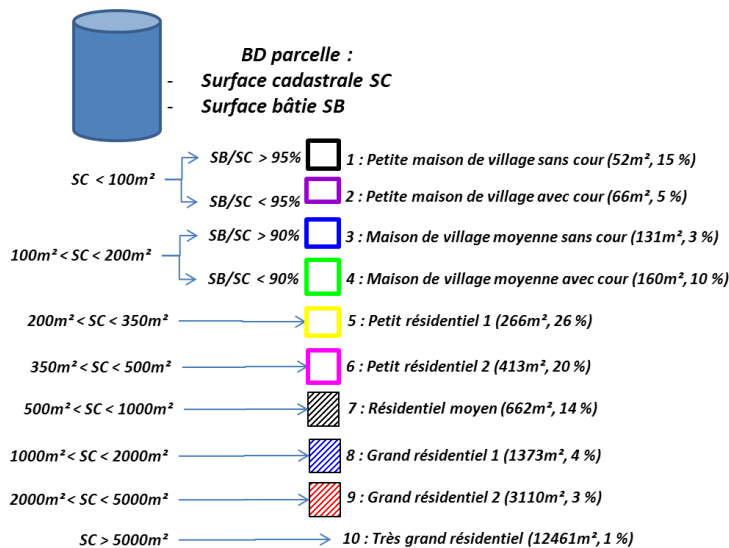


Figure 4: Catégorisation du parcellaire bâti en 10 catégories (surface moyenne et le pourcentage de l'effectif)



Figure 5: Classification du parcellaire en 10 catégories (la catégorie 10 – parcellaire > 5000m<sup>2</sup> - n'est pas représentée)

### 3.2. IDENTIFICATION D'UN JEU DE PARCELLES POUR UNE ANALYSE STATISTIQUE PUSSEE

La mise en relation de (1) la BD Parcelle enrichie des informations relatives aux usages tels que la piscine ou le jardin avec (2) les fichiers de consommations fournis VEOLIA, n'est pas faisable en l'état, aucun champ ne permettant une jonction des fichiers

Aussi la prise en compte de la donnée IGN de la BD Adresse a permis pour un ensemble de 3178 parcelles cadastrales regroupées sur 92 quartiers, d'indiquer l'adresse (numéro et nom de rue, commune), en excluant toute information nominative conformément à la réglementation CNIL. Une vérification de terrain a été réalisée afin de valider l'attribution des numéros, et compléter certaines données manquantes.

Le niveau de précision de la BD Adresse est très variable, avec une qualité optimale sur des quartiers plutôt récents, mais une précision moindre sur des zones plus rurales, où la numérotation métrique est dominante. Les 92 quartiers sont représentatifs des types d'habitat décrits ci-dessus. Entre 28 et 42 maisons ont été échantillonnées par quartier.

Même si certains quartiers peuvent être globalement classés comme en très grand résidentiel ou bien au contraire en petit résidentiel, on peut néanmoins trouver au sein d'un groupe d'une trentaine de résidences des type d'habitat différents. En effet, très fréquemment, on rencontre le développement de lotissements sur des parcelles petites à moyennes autour de résidences

plus anciennes construites auparavant sur des parcelles beaucoup plus grandes (cout du foncier moindre il y a 10 ou 20 ans, règles du PLU différentes avec des surfaces minimales plus importante, ..). Dans la perspective de l'analyse intégrée par quartier, toute rue a été prise dans sa globalité.

Les cœurs historiques de villages sont sous-représentés dans l'échantillon, du fait des faibles usages extérieurs, et du risque non pris d'intégrer du logement collectif. Les parcelles de plus de 5 000 m n'ont pas été incluses dans l'échantillon. (*Tableau 1*)

La plupart des erreurs observées puis corrigées provenaient des numéros multiples (bis, ter, ..), des numéros métriques, mais aussi des découpages cadastraux en plusieurs parcelles résidentielles. Le terrain et l'observation couplée au SIG ont permis de corriger en grande partie ces erreurs, et donc augmenter la probabilité d'un croisement correct à venir avec le fichier des consommations en eau.

Sur les 3178 parcelles, 2288 parcelles (72%) ne posent pas de problème de localisation et sont prêtes pour l'intégration des consommations. 478 parcelles se rajoutent à ce nombre après la vérification de terrain (15%). Par contre, 418 parcelles (13%) n'ont pas une adresse correctement précisée, et ne pourront donc pas être reliée aux fichiers de consommation. Mais elles feront partie de l'analyse par quartier, la précision du nom de rue étant alors suffisant.

Type habitat	Nom- bre	%	Surface Moyenne m <sup>2</sup> )	Surface Bâti	Ration Bâti/Tot
4. "100 à 200m <sup>2</sup> / hors village"	42	1,32%	185	84,6	45,76%
5. "200 à 350m <sup>2</sup> "	426	13,40%	279	105,7	37,94%
6. "350 à 500m <sup>2</sup> "	997	31,37%	431	134,6	31,21%
7. "500 à 1000m <sup>2</sup> "	1295	40,75%	676	162,2	23,98%
8. "1000 à 2000m <sup>2</sup> "	343	10,79%	1267	211,4	16,69%
9. "2000 à 5000m <sup>2</sup> "	67	2,11%	2876	263,2	9,15%

*Tableau 1: Classification des 3178 parcelles échantillonnées selon le type d'habitat*

Les 8 parcelles de la catégorie 10 (plus de 5000m<sup>2</sup>) ne sont pas prises en compte. Les données moyennes obtenues (moyenne de la surface bâtie, proportion dans l'échantillon des différentes classes, ..) sont cohérentes avec les résultats obtenus sur Perpignan.

## 4. Identification des surfaces consommatrices en eau par télédétection

### 4.1. CLASSIFICATION DE L'ORTHOPHOTO 2008

La taille du fichier de l'ortho photographie ne permet pas une classification unique du seul fait de la limitation de la plupart des logiciels de traitement d'images. Aussi avons-nous été amenés à extraire 9 quadrilatères sur lesquels autant de classifications ont été faites (logiciel ERDAS).

Le choix des zones représentatives des différents types d'occupation du sol a été la plus homogène possible entre les 9 zones (*Figure 6*), afin de produire une nomenclature identique. Ces 9 zones comptent 51 107 parcelles cadastrales construites, soit 86.8% des parcelles construites des 17 communes étudiées. En effet, les parcelles cadastrales sans aucun bâti ne sont pas traitées, car ne présentant pas d'intérêt pour l'étude.

Selon les secteurs, entre 16 et 23 classes radiométriquement distinctes ont été identifiées. On peut compter par exemple plusieurs classes pour l'identification des piscines : piscines de couleur azur, piscines bleu foncé du fait de bâches de protection.

Les 9 classifications (*Figure 6*) ont alors fait l'objet d'un regroupement, afin d'obtenir 6 classes finales : (1) les surfaces en eau (correspondant aux piscines), (2) les surfaces très probablement arrosées (correspondant aux pelouses), (3) les surfaces non arrosées (identifiées non imperméabilisées, mais de teinte marron), (4) les arbres, (5) les surfaces imperméabilisées (ciment, goudron, toitures) et (6) les surfaces à l'ombre.

Il convient à présent d'identifier des sources probables de confusion, qu'il serait possible de limiter en partie par l'intégration d'une seconde image acquise en période hivernale ou printanière (hors stress hydrique).

Les surfaces identifiées comme étant arrosées, donc correspondant très probablement à des pelouses peuvent être parfois conçues avec des arbres, principalement des feuillus. La prise en compte d'une image hivernale dans le cadre d'une classification multi temporelle permettrait de limiter ces confusions.

Les piscines de couleur verte (eau ayant « tourné ») peuvent être assimilées à de l'herbe, alors que celles munies d'un volet roulant blanc (protection de sécurité) seront classées en zones imperméabilisées. Ces cas sont cependant peu nombreux et non représentatifs.





## 4.2. INTEGRATION DANS LE PARCELLAIRE DES SURFACES CONSOMMATRICES

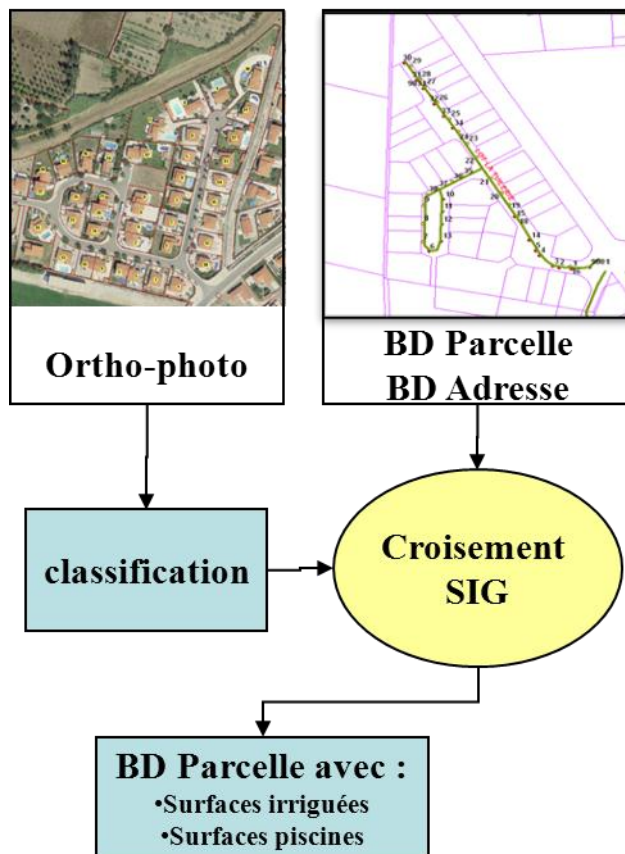


Figure 7: Intégration de l'occupation du sol pour chaque parcelle

La classification finale en 6 catégories est enfin combinée avec le fichier des parcelles afin d'extraire pour chacune d'entre elles les surfaces en eau, les surfaces en herbe, ... (Figure 7)

Les classes qui vont présenter un intérêt pour l'étude présente sont donc les surfaces potentiellement consommatrices en eau, c'est-à-dire les piscines et les surfaces arrosées.

Les piscines résultent du calcul de la surface classée en eau. On considèrera par hypothèse que lorsque la surface est inférieure à 7m<sup>2</sup> (correspond aux piscines gonflables de petite dimension), il n'y a pas de piscine, et que donc ces surfaces résultent de confusions (ombre, voitures bleues, ..)

Les surfaces en herbe se voient augmentées d'une partie de l'ombre. Ainsi, si les pelouses représentent x% du total (Surfaces irriguées + Surfaces imperméabilisées + Surfaces



arborées + Surfaces non irriguées), on attribuera x% de la surface classée « Ombre » aux pelouses.

Le fichier final (*Tableau 2*) est donc constitué :

- De l'identifiant
- Des surfaces de la parcelle (cadastrales et calculées par le SIG)
- De la proportion du bâti
- Des surfaces des piscines, irriguées et arborées
- Du code « Type d'habitat »

Relation entre le type d'urbanisation et la consommation en eau des ménages – Agglo de Montpellier

CODEIDENT	Surface parcelle	Surface Batie	Scos (Bati / SURF TOT)	quartier	Numero	Rue	commune	Surface Batie (m <sup>2</sup> )	Surface Eau (m <sup>2</sup> )	Présence piscine	Surface Sec (m <sup>2</sup> )	Surface Imperméabilis é (m <sup>2</sup> )	Surface Irriguée (m <sup>2</sup> )	Surface Arborée (m <sup>2</sup> )
340164 ZC0261	1564,5	211,4	13,51	Q1_1	7	Chemin des Vignes	Montaud	211	58	oui	0	707	335	465
340164 ZC0211	4228,3	206,3	4,88	Q1_1	11	Chemin des Vignes	Montaud	206	0	non	0	454	1007	2622
340164 ZC0300	1222,0	128,4	10,51	Q1_1	19	Chemin des Vignes	Montaud	128	26	oui	0	526	130	540
340164 ZC0402	2915,9	272,0	9,33	Q1_1	23	Chemin des Vignes	Montaud	272	47	oui	0	958	277	1634
340164 ZC0299	1415,1	236,5	16,71	Q1_1	21	Chemin des Vignes	Montaud	237	67	oui	0	756	342	251
340164 ZC0301	1695,3	292,0	17,22	Q1_1	17	Chemin des Vignes	Montaud	292	0	non	0	722	369	523
340164 ZC0399	1083,2	189,7	17,51	Q1_1	15	Chemin des Vignes	Montaud	190	79	oui	0	726	105	89
340164 ZD0186	7462,4	477,5	6,40	Q1_1	14	Chemin des Vignes	Montaud	478	0	non	0	3937	2993	322
340164 ZD0384	1305,3	237,7	18,21	Q1_1	10	Chemin des Vignes	Montaud	238	22	oui	0	474	336	474
340164 ZD0383	3256,3	302,6	9,29	Q1_1	12	Chemin des Vignes	Montaud	303	0	non	0	908	436	1803
340164 ZD0364	1520,4	168,4	11,08	Q1_1	1	Impasse le Clos des Aspres	Montaud	168	74	oui	0	579	287	581
340164 ZD0356	1677,8	273,0	16,27	Q1_1	4	Impasse le Clos des Aspres	Montaud	273	0	non	0	728	225	604
340164 ZD0363	1499,7	310,5	20,70	Q1_1	3	Impasse le Clos des Aspres	Montaud	310	0	non	0	862	375	145
340164 ZD0357	1477,7	314,9	21,31	Q1_1	6	Impasse le Clos des Aspres	Montaud	315	0	non	0	981	327	71
340164 ZD0354	1450,0	250,3	17,26	Q1_1	2	Impasse le Clos des Aspres	Montaud	250	43	oui	0	582	450	375
340164 ZD0358	1500,2	298,3	19,88	Q1_1	8	Impasse le Clos des Aspres	Montaud	298	76	oui	0	1070	301	54
340164 ZD0272	1070,8	206,6	19,29	Q1_1	10	Impasse Belle Viste	Montaud	207	0	non	0	526	142	262
340164 ZD0335	996,5	150,1	15,06	Q1_1	2	Impasse Belle Viste	Montaud	150	80	oui	0	378	435	104
340164 ZD0338	1066,4	200,1	18,77	Q1_1	8	Impasse Belle Viste	Montaud	200	0	non	0	482	233	269
340164 ZD0337	1010,9	120,9	11,96	Q1_1	6	Impasse Belle Viste	Montaud	121	55	oui	0	510	351	96
340164 ZD0336	980,1	122,6	12,51	Q1_1	4	Impasse Belle Viste	Montaud	123	74	oui	0	796	82	28
340164 ZD0361	1534,1	197,5	12,87	Q1_1	7	Impasse le Clos des Aspres	Montaud	197	0	non	0	677	196	560
340164 ZD0362	1496,2	200,0	13,37	Q1_1	5	Impasse le Clos des Aspres	Montaud	200	68	oui	0	522	558	348
340164 ZD0360	1492,0	240,3	16,10	Q1_1	9	Impasse le Clos des Aspres	Montaud	240	40	oui	0	576	282	594
340164 ZD0359	1562,5	240,0	15,36	Q1_1	10	Impasse le Clos des Aspres	Montaud	240	0	non	0	959	442	37
340164 ZD0330	1023,1	163,6	15,99	Q1_1	5	Impasse Belle Viste	Montaud	164	0	non	0	453	264	222
340164 ZD0331	993,8	190,0	19,12	Q1_1	3	Impasse Belle Viste	Montaud	190	0	non	0	395	220	295
340164 ZD0339	1334,0	203,5	15,25	Q1_1	12	Impasse Belle Viste	Montaud	203	72	oui	0	599	321	342
340164 ZD0332	1029,5	163,5	15,89	Q1_1	1	Impasse Belle Viste	Montaud	164	60	oui	0	681	204	85
340164 ZC0403	621,3	128,3	20,64	Q1_1	25	Chemin des Vignes	Montaud	128	19	oui	0	284	91	227
340164 ZC0210	652,8	0,0	0,00	Q1_1	15B	Chemin des Vignes	Montaud	0	0	non	0	188	61	736
340164 ZB0260	1962,9	210,5	10,72	Q1_2	10	Chemin de Caounelle	Montaud	211	0	non	0	562	1006	302

Tableau 2 : Tableau de synthèse associant le parcellaire à l'occupation du sol

## **5. Evaluation de la consommation en eau pour les usages extérieurs**

Les résultats de l'analyse par télédétection indiquent donc pour chaque parcelle la surface des piscines, la surface en herbe et la surface arborée.

L'évaluation des volumes nécessaires pour ces deux types d'usage passe par la mise en place d'hypothèses de consommation. Ces hypothèses, proposées et validées sur la région Perpignanaise, ont été reprises après prise en compte des données météorologiques de la région montpelliéraine.

Les données météorologiques utilisées sont de deux ordres :

- Les données SAFRAN de météo France, disponibles pour la période 1958 à 2009. Les valeurs mensuelles sont calculées pour la pluie (cumul et nombre de jours de pluie > 5mm), la température (°C), la vitesse du vent (m/sec) et l'ETP. Les valeurs exploitées sont l'année 2008, puis la moyenne 1971-2000.
- Les données météo issues de modèles climatiques de Meteo France pour l'évaluation du changement climatique.

### **5.1. HYPOTHESES DE CONSOMMATIONS**

#### **5.1.1. Consommation en eau des piscines**

Les hypothèses de consommation pour une piscine visent à :

- Compenser l'évaporation
- tenir compte des nettoyages : 1.14m<sup>3</sup> / an observée sur une piscine test bénéficiant d'une utilisation normale
- tenir compte des vidanges (supposées tous les 5 ans) : Surface mesurée X 1.1m profondeur \*20%
- tenir compte du « deshivernage » (10% du volume de la piscine) : Surface mesurée X 1.1m profondeur \*10%

soit : **VOLUME ANNUEL = Evaporation + 1.14 + Volume\*20% + Volume\*10%**

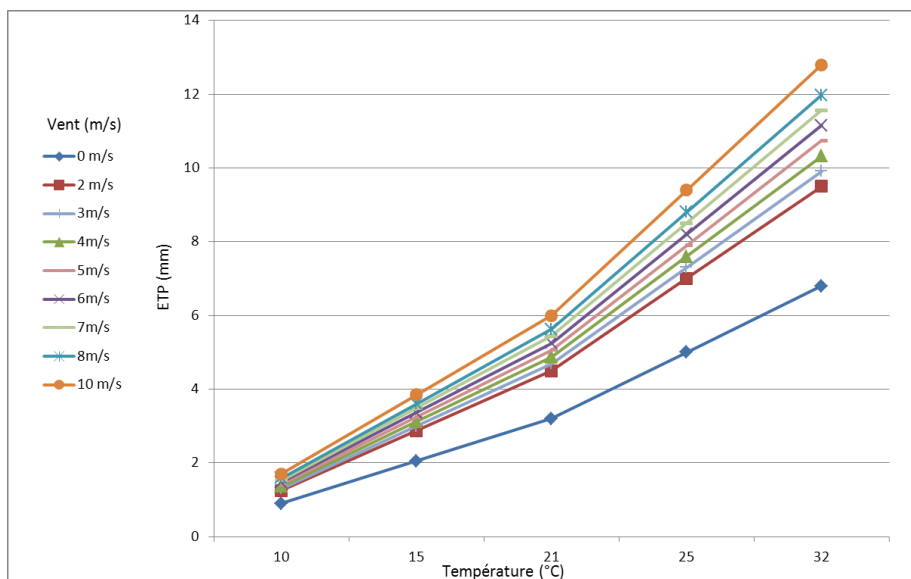


Figure 8: Relation entre la température et l'évaporation pour différentes vitesses de vent (Dorsey et al, 1940))

Les données bibliographiques montrent que l'évaporation est très étroitement liée au vent et à la température. Il a été décidé de privilégier une approche simple mais robuste basée sur des abaques (Figure 8) permettant de calculer l'évaporation réelle, pour une vitesse de vent et une température données (données Météo France). L'évaporation nette tient compte de la pluviométrie.

On a donc : **Evaporation nette = f(température, vent) – pluie**

Il devient alors possible de calculer l'évaporation nette pour une année donnée, en prenant les mois d'utilisation habituels d'une piscine : du mois de mai à la fin septembre (Tableau 3).

	2008 SAFRAN	moyenne 1971-2000
<b>Avril</b>	0,8	0,1
<b>Mai</b>	0,5	1,1
<b>Juin</b>	3,4	2,8
<b>Juillet</b>	4,6	4,2
<b>Août</b>	6,4	4,8
<b>Septembre</b>	3,6	2,4
<b>Octobre</b>	0,0	0,0
<b>Novembre</b>	0,0	0,0

Tableau 3 : calcul de l'évaporation (données SAFRAN Météo France)

### 5.1.2. Consommation en eau pour l'arrosage

Les hypothèses émises pour évaluer de l'irrigation des jardins répondent à de multiples critères, liés au souhait des propriétaires de disposer d'une pelouse bien verte, de limiter les apports en prenant alors en compte des critères économiques, écologiques, ...

Les hypothèses retenues s'appuient sur de la bibliographie, et sur différents conseils prodigués par l'entretien des espaces verts en région méditerranéenne. On différenciera les mois les plus chauds et secs (juin, juillet et août) des pré et post saisons (mai et septembre).

- Juin – juillet et août : 2.5 arrosages par semaine permettant de compenser l'ETP moyenne par jour sur ces 3 mois.
- Mai et septembre : 2 arrosages par semaine, toujours afin de compenser l'ETP moyenne par jour sur ces 2 mois.

Le nombre de pluies est pris en compte et diminue d'autant les arrosages.

La surface arrosée correspond à l'addition des surfaces cartographiées en surfaces irriguées (pelouses), et d'une partie des surfaces cartographiées en arbres (10%), afin de tenir compte de l'arrosage des haies, des potagers, des arbres fruitiers, pour lesquels toute évaluation cartographique n'est pas possible.

## 5.2. EVALUATION DES VOLUMES CONSOMMES POUR LES USAGES EXTERIEURS

L'application de ces hypothèses de consommation aux 56506 parcelles permet de calculer, à partir des surfaces des piscines et des surfaces arrosées, les volumes d'eau consommés pour ces usages extérieurs. (*Tableau 4* et *Tableau 5*).

Dès que les parcelles ont une surface supérieure à 500 m<sup>2</sup>, le nombre de piscines est important (65% pour les parcelles de 500 à 1000 m<sup>2</sup>, 57% pour celles de 1000 à 2000 m<sup>2</sup> et 46% pour celles de 2000 à 5000 m<sup>2</sup>). La surface des piscines est liée à celle des parcelles (de 20 m<sup>2</sup> par piscine en petit résidentiel à près de 40 m<sup>2</sup> en grand résidentiel). De la même manière, les jardins et surfaces arborées, très marginales sur les maisons de village (< 200m<sup>2</sup>), vont croître avec la taille des parcelles.

Parcelle			Piscine			
Type urbanisme	Nombre	Surface (m <sup>2</sup> )	Nombre	% piscine	Surface (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )
1 : "<100 m <sup>2</sup> / sans cour"	3284	51	24	0,7%		
2 : "<100 m <sup>2</sup> / avec cour"	1832	61	86	4,7%		
3 : "100 à 200 m <sup>2</sup> / village"	1809	141	47	2,6%		
4 : "100 à 200 m <sup>2</sup> / hors village"	3947	155	629	15,9%	15,3	15
5 : "200 à 350 m <sup>2</sup> "	9567	274	3096	32,4%	19,3	18
6 : "350 à 500 m <sup>2</sup> "	10131	429	5458	53,9%	25,9	24
7 : "500 à 1000 m <sup>2</sup> "	14747	685	9558	64,8%	33,6	31
8 : "1000 à 2000 m <sup>2</sup> "	6373	1344	3658	57,4%	38,2	35
9 : "2000 à 5000 m <sup>2</sup> "	3208	2969	1473	45,9%	33,8	31

Tableau 4 : Evaluation de la consommation en eau pour les piscines

Aussi les consommations en eau dédiés aux usages extérieurs, faibles pour des parcelles inférieures à 500m<sup>2</sup>, vont croître linéairement avec la surface des parcelles (*Figure 9*). Pour les surfaces faibles, la consommation est donc quasiment limitée aux usages ménagers, évalués ici à 70 m<sup>3</sup>. Si la surface augmente encore en passant dans le grand résidentiel, la proportion des surfaces arrosées reste identique. Certes le nombre de mètres carrés arrosés va augmenter, entraînant de fait des volumes d'eau consommés supérieurs, mais ce n'est pas toute la surface supplémentaire disponible qui va être concernée. On retrouve souvent sur ces grands parcellaires des jardins paysagers méditerranéens, moins consommateurs en eau.

Parcelle			Végétation		
Type urbanisme	Nombre	Surface Moyenne (m <sup>2</sup> )	Surface arrosée (m <sup>2</sup> )	Surface arborée (m <sup>2</sup> )	Arrosage (m <sup>3</sup> )
1 : "<100 m <sup>2</sup> / sans cour"	3284	51	0	0	0
2 : "<100 m <sup>2</sup> / avec cour"	1832	61	0	0	0

3 : "100 à 200 m <sup>2</sup> / village"	1809	141	0	0	0
4 : "100 à 200 m <sup>2</sup> / hors village"	3947	155	0,7	2	0
5 : "200 à 350 m <sup>2</sup> "	9567	274	9,9	24	6
6 : "350 à 500 m <sup>2</sup> "	10131	429	23,8	57	14
7 : "500 à 1000 m <sup>2</sup> "	14747	685	49,2	104	29
8 : "1000 à 2000 m <sup>2</sup> "	6373	1344	94,7	196	55
9 : "2000 à 5000 m <sup>2</sup> "	3208	2969	217,2	426	125

Tableau 5 : Evaluation de la consommation en eau pour les jardins – 56506 parcelles (54898 sans la classe 10)

Lorsque le volume effectivement consommé s'avère négligeable au regard des usages extérieurs démontrés (piscine, arrosage), on pourra émettre la suspicion d'un approvisionnement secondaire, tels que l'accès à un réseau d'eau brute ou à l'eau souterraine via un forage.

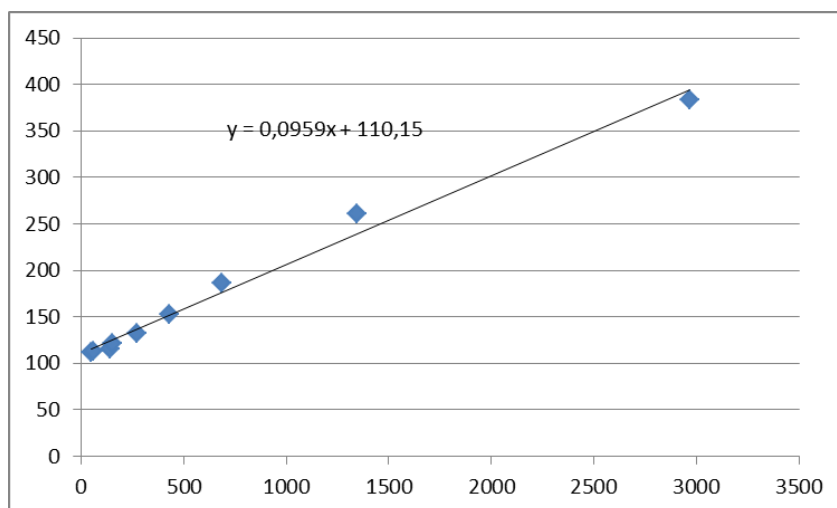


Figure 9: Relation la consommation en eau pour les usages extérieurs et la surface du parcelaire

Les mêmes évaluations et calculs sont faits sur les 3178 parcelles correspondant aux 92 quartiers, qui doivent être reliées aux consommations effectives. (Tableau 6)

Les niveaux de consommation pour l'usage de piscines et pour l'arrosage des espaces verts sont cohérents pour les différentes classes d'habitat, entre le fichier exhaustif de 56506 parcelles, et cet échantillon de 3178 parcelles.

c	Nombre piscines	% piscine	Surface piscines (m <sup>2</sup> )	Apport piscines (m3)	Apport arrosage (m3)	Conso usage extérieur (m3)
4	6	14,3%	11,2	11	9	21
5	144	33,8%	18,2	17	16	34
6	607	60,9%	25,2	24	31	54
7	905	69,9%	35,7	33	57	90
8	200	58,3%	46,7	43	138	181
9	34	50,7%	34,4	32	396	428

Tableau 6 : Evaluation de la consommation en eau pour les piscines et jardins – échantillon de 3178 parcelles

Code	Nombre piscines	% piscine	Surface piscines (m <sup>2</sup> )	Apport piscines (m3)	Apport arrosage (m3)	Conso usage extérieur (m3)
4	629	15,9%	15,3	15	6	21
5	3096	32,4%	19,3	18	14	33
6	5458	53,9%	25,9	24	29	53
7	9558	64,8%	33,6	31	55	86
8	3658	57,4%	38,2	35	125	161
9	1473	45,9%	33,8	31	252	283

Tableau 7 : Evaluation de la consommation en eau pour les piscines et jardins – totalité des parcelles

### 5.3. SYNTHÈSE DES RESULTATS

L'estimation globale de la consommation est obtenue en sommant les besoins extérieurs (piscine, arrosage) et les usages ménagers évalués à 70m<sup>3</sup> par an et par ménage.

Dès que la taille des parcelles le permet, on observe un taux d'équipement en piscine important (65% en moyenne sur les classes 6 à 9 sur échantillon, 58.5% sur total), avec des



surfaces de piscines proportionnelles à l'habitat (grandes piscines dans les grandes résidences).

Concernant les surfaces probablement arrosées, la progression est constante avec l'augmentation de la surface des parcelles. On notera cependant qu'en dehors des parcelles très petites (<350m<sup>2</sup>), la surface cartographiée en pelouse varie de 11% (classe 6) à 15% (classe 9), ce qui semble relativement stable. On pourrait en déduire que l'augmentation de la taille du parcellaire bénéficie seulement en partie aux pelouses, probablement le type d'occupation du sol le plus exigeant en eau.

Par contre, les surfaces en arbres croissent de manière exponentielle avec l'augmentation de la surface des parcelles (1% en classe 6, 1.3% en classe 7, 6.7% en classe 8 et 26.4% en classe 9). Le volume estimé pour l'irrigation évolue donc de 14m<sup>3</sup> (classe 5 – 200 à 350m<sup>2</sup>) à 252m<sup>3</sup> (classe 9 – 2000 à 500m<sup>2</sup>).

Il semble donc que sur les grandes parcelles l'aménagement du jardin évolue, donnant une place proportionnellement plus importante à des plantations arborées moins exigeantes en eau, ou bien laissant une partie du jardin sans irrigation.

Une analyse par classe sur l'échantillon complet de 56506 parcelles montre que :

- Les maisons situées dans les cœurs historiques des villages, avec et sans cour, (<100 et 200 m<sup>2</sup>).représentent 9% du parc de logements étudié (à titre de comparaison, ce type d'habitat représentait 22% sur l'Agglo de Perpignan). Elles n'ont que peu d'usages extérieurs : les piscines y sont rares, la pelouse irriguée inexistante tout comme la surface en arbustes et arbres.
- les maisons implantées sur de très petites parcelles (100 à 200m<sup>2</sup>) 10.2% de notre échantillon (idem à Perpignan. La surface moyenne en pelouse arrosée de cette catégorie de maisons est très faible (9 m<sup>2</sup> en moyenne pour la classe 4, hors village) mais celle occupée par des arbustes ou arbres est de 24 m<sup>2</sup> en moyenne ; 15.9% de ces petites maisons hors village (2.6% si village) sont équipées d'une piscine dont la surface moyenne est de 15.3 m<sup>2</sup> (souvent des piscines hors-sol).
- Les petites (200 à 350m<sup>2</sup>) et moyennes (350 à 500 m<sup>2</sup>) parcelles représentent l'essentiel du parc de logement individuel, avec respectivement 17 et 18% du parc. La surface moyenne en pelouse arrosée est respectivement de 24 et 49 m<sup>2</sup>, la surface arborée de 57 et 104 m<sup>2</sup>. Une piscine est présente sur respectivement 32% et 54% des parcelles de chaque type, la surface de la piscine étant de 19 m<sup>2</sup> et 26 m<sup>2</sup>.
- 26.1% des parcelles ont une taille comprise entre 500 et 1000 m<sup>2</sup>. La surface moyenne en pelouse arrosée est de l'ordre de 95 m<sup>2</sup>, la surface arborée de 196 m<sup>2</sup>. Le taux d'équipement en piscine est de 65%, la surface des piscines de 34 m<sup>2</sup>.
- Les parcelles de 1000 à 2000 m<sup>2</sup> représentent 11.3% du parc et celles de 2000 à 5000 m<sup>2</sup> 5.7%. Pour ces parcelles, les surfaces en pelouse arrosée sont beaucoup plus importantes (respectivement de 217 et 438 m<sup>2</sup>) mais restent toujours très inférieures aux surfaces arborées (426 et 847 m<sup>2</sup>). Respectivement 57% et 46% de ces maisons

sont équipées de piscines, dont la taille est de 38m<sup>2</sup> et 34 m<sup>2</sup> en moyenne pour chaque type.

- Enfin, les parcelles de plus de 5000 m<sup>2</sup> représentent 2.8%, elles ne sont pas étudiées ici car atypiques et souvent liées à des activités agricoles (maraîchage), ou bien intégrant de larges surfaces maintenues en zone naturelle (forêt, garrigue).

Les résultats obtenus sur l'Agglomération de Montpellier, avec un découpage parcellaire similaire, sont proches de ceux observés sur Perpignan. On notera simplement que les surfaces cartographiées comme arrosées (en pelouse) semblent plus importantes sur Montpellier (165m<sup>2</sup> en moyenne sur les classes 5 à 9) que sur Perpignan (73m<sup>2</sup>).

Si des facteurs explicatifs peuvent être avancés (prix de l'eau, assainissement autonome, accès à des ressources alternatives telles que les forages, l'eau brute), il est important de rappeler qu'une hypothèse forte pèse sur la surestimation probable des surfaces arrosées à Montpellier, du fait de la date d'acquisition des photos aériennes, en octobre 2008. En effet, les 48mm de pluie (dont 4 pluies supérieures à 5mm) ont pu réactiver en partie la végétation non arrosée en été, rendant plus difficile la discrimination des pelouses arrosées par rapport à celles non arrosées.

Sur Perpignan, les images acquises en août présentaient logiquement de bien meilleurs contrastes en surfaces arrosées et pelouses laissées en sec.



## 6. Prise en compte du changement climatique

### 6.1. ANALYSES DES DONNEES METEOROLOGIQUES.

Les évaluations de consommations précédentes ont été basées sur les données météorologiques 2008. Afin d'évaluer les évolutions potentielles de ces consommations, à surfaces équivalentes, pour la période 2046-2060, plusieurs résultats de modèles météorologiques ont été utilisés (arpege\_a1b, cccma\_cgcm3\_1\_T63, cnrm\_cm3, gfdl\_cm2\_0, giss\_model\_e\_r, ipsl\_cm4, mpi\_echam5, mri\_cgcm2, ncar\_ccsm3). Ce sont les résultats moyennés des différents modèles qui ont été pris en compte.

Ces modèles climatiques sont développés par le CERFACS et leurs dernières versions datent de 2010. Ils sont basés sur le même scénario d'émission CO<sub>2</sub> qui est le scénario A1B (scénario médian situé entre les scénarios extrêmes A2 et B1 proposés par le GIEC).

Les données issues de ces modèles climatiques sont la pluie, l'ETP et la vitesse du vent à 2 m. Ces données sont disponibles pour chacun des 9 modèles au pas de temps journalier sur la totalité des périodes allant du 01/01/1971 et du 31/12/2000 et du 01/01/2046 au 31/12/2065 et pour chacune des mailles de la grille SAFRAN qui couvrent l'ensemble du territoire avec une résolution spatiale de 64km<sup>2</sup>.

Nous avons extraits ces données pour la maille SAFRAN correspondante à l'Agglomération de Montpellier. Les résultats que nous présentons par la suite sont les résultats moyennés des différents modèles.

Les indicateurs climatiques utilisés sont l'ETP, la pluie, la température et la vitesse du vent mensuelles, ainsi que le nombre de jour de pluie calculés sur chacune des deux périodes (1971-2000 et 2046-2065).

A partir des hypothèses émises précédemment, on calcule l'évaporation (piscine) et l'ETP (arrosage) pour ces deux périodes. Les évolutions calculées ont alors été appliquées à l'évaporation et à l'ETP mensuelles calculées précédemment à partir des données météo SAFRAN sur la période actuelle. (*Tableau 8*)

La chronologie des opérations est donc la suivante :

1. Modélisation à partir de différents modèles des variables ETP, pluviométrie, vent, température pour les périodes 1971-2000 et 2046-2065
2. Calcul de l'évaporation moyenne et de l'ETP moyenne à partir des données multi-modèles sur les périodes 1971-2000 et 2046-2065

3. Analyse des évolutions entre la période 1 et la période 2
4. Calcul de l'évaporation moyenne et de l'ETP moyenne à partir des données SAFRAN Meteo-France sur la période actuelle
5. Application des évolutions observées sur les données SAFRAN pour le calcul de l'évaporation et de l'ETP (période 2046-2065)

ETP (mm)	SAFRAN 2008	SAFRAN 1971-2000	Modèles 1971-2000	Modèles 2046 - 2065	Evolution période1 / période2	Application variation sur SAFRAN 1971-2000
<b>Mai</b>	<b>3,72</b>	<b>3,48</b>	<b>3,17</b>	<b>3,58</b>	<b>12,88%</b>	<b>3,93</b>
<b>Juin</b>	<b>4,72</b>	<b>4,37</b>	<b>4,30</b>	<b>4,70</b>	<b>9,24%</b>	<b>4,77</b>
<b>Juillet</b>	<b>4,89</b>	<b>4,75</b>	<b>4,90</b>	<b>5,36</b>	<b>9,30%</b>	<b>5,19</b>
<b>Août</b>	<b>4,29</b>	<b>4,13</b>	<b>4,01</b>	<b>4,42</b>	<b>10,23%</b>	<b>4,55</b>
<b>Septembre</b>	<b>2,88</b>	<b>2,86</b>	<b>2,50</b>	<b>2,79</b>	<b>11,47%</b>	<b>3,19</b>

Evaporation (mm)	SAFRAN 2008	SAFRAN 1971-2000	Modèles 1971-2000	Modèles 2046 - 2065	Evolution période1 / période2	Application variation sur SAFRAN 1971-2000
<b>Mai</b>	<b>0,5</b>	<b>1,1</b>	<b>0,00</b>	<b>0,32</b>	<b>0,32</b>	<b>1,46</b>
<b>Juin</b>	<b>3,4</b>	<b>2,8</b>	<b>2,49</b>	<b>3,35</b>	<b>0,86</b>	<b>3,70</b>
<b>Juillet</b>	<b>4,6</b>	<b>4,2</b>	<b>3,85</b>	<b>4,68</b>	<b>0,83</b>	<b>5,03</b>
<b>Août</b>	<b>6,4</b>	<b>4,8</b>	<b>3,08</b>	<b>3,85</b>	<b>0,77</b>	<b>5,56</b>
<b>Septembre</b>	<b>3,6</b>	<b>2,4</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2,38</b>

Tableau 8: Synthèse des paramètres météorologiques utilisés : ETP et évaporation (journalier)

L'ETP devrait croître de façon significative entre la fin du 20ème siècle et le milieu du 21ème siècle (en moyenne de 10.6%). Concernant l'évaporation, il a été décidé d'appliquer les anomalies en absolu, plutôt qu'en pourcentage. En effet, des pourcentages très importants sur des valeurs très faibles s'avéraient peu significatifs. On observe là-aussi, du fait des augmentations de températures et de jours de vent, des progressions de l'évaporation légèrement supérieures à 0.56mm /jour, essentiellement concentrées sur les mois de juin, juillet et août.

## 6.2. SIMULATION DE CONSOMMATION POUR LA PERIODE 2046-2060

L'ETP et l'évaporation montrant une progression de l'ordre de 10% entre les deux périodes, on retrouve logiquement ce niveau d'évolution pour chacun des différents types d'habitat (Tableau 9). Naturellement, cette progression liée à l'évolution du climat, à habitude de consommation constante concernant les usages extérieurs, va impacter différemment les faibles consommateurs (résidence sans piscine, avec pas ou peu d'espaces verts), et les gros consommateurs. Pour des grandes parcelles supérieures à 1000 m<sup>2</sup>, l'augmentation du cubage lié au changement climatique est d'ordre de 17m<sup>3</sup> (classe 8 – 1000 à 2000m<sup>2</sup>) et 31m<sup>3</sup> (classe 9).

En calculant globalement la consommation pour les 56506 parcelles, on obtient un volume consommé 7.8millions de m<sup>3</sup> (70m<sup>3</sup> sont attribués pour la consommation des ménages hors usage extérieur). Ce volume passe à 8.25 millions de m<sup>3</sup> par an, pour le milieu du 21<sup>ème</sup> siècle. Cette augmentation modérée s'explique par le choix d'une consommation des ménages constante, et par le fait que les usages extérieurs ne représentent quasiment rien pour les types d'habitat 1 à 4

Type urbanisme	2000-2009			2046-2060			Progres- sion
	Piscine (m3)	Arrosage (m3)	Conso totale (m3)	Piscine (m3)	Arrosage (m3)	Conso totale (m3)	
"<100m <sup>2</sup> / sans cour"	10,9	0,0	11	11,9	0,0	12	9,53%
"<100m <sup>2</sup> / avec cour"	11,7	0,0	12	12,8	0,0	13	9,61%
"100 à 200m <sup>2</sup> / village"	13,2	0,4	14	14,5	0,5	15	9,79%
"100 à 200m <sup>2</sup> / hors village"	13,4	5,7	19	14,7	6,3	21	10,33%
"200 à 350m <sup>2</sup> "	16,6	13,6	30	18,3	15,2	33	10,72%
"350 à 500m <sup>2</sup> "	21,9	27,4	49	24,1	30,7	55	10,99%
"500 à 1000m <sup>2</sup> "	28,0	52,6	81	30,9	58,7	90	11,19%
"1000 à 2000m <sup>2</sup> "	31,7	119,6	151	35,0	133,6	169	11,40%
"2000 à 5000m <sup>2</sup> "	28,2	240,6	269	31,1	268,8	300	11,55%
"> 5000m <sup>2</sup> "	33,5	1126,1	1160	37,0	1257,9	1295	11,66%

Tableau 9 : simulation des consommations pour usages extérieurs entre 2046-2060

Si une baisse de la consommation en eau des piscines ne peut guère être envisagée à part les interdictions de remplissage en période de sécheresse, on peut plus facilement imaginer une évolution des comportements dans la mise en place de l'arrosage. Le remplacement de

pelouse par des espèces méditerranéennes devrait conduire à des économies importantes des volumes consommés.

Mais comme on constate que les volumes d'eau destinés à l'arrosage des espaces verts concernent logiquement les types d'habitats très résidentiels (plus de 1000m<sup>2</sup>), c'est donc une densification de l'habitat, limitant de fait les espaces verts privés, qui va entraîner mécaniquement une baisse de la consommation.

## **7. Comparaisons des consommations estimées et observées**

### **7.1. MISE EN RELATION AVEC LE FICHIER DES CONSOMMATIONS**

La mise en relation du parcellaire enrichi des paramètres occupation du sol et évaluation des besoins en eau et du fichier de consommation VEOLIA se fait sur la base de l'adresse.

Comme indiqué dans le paragraphe décrivant la méthodologie, 3178 parcelles ont été identifiées au sein de 92 quartiers homogènes. On rappelle qu'après vérification de terrain sur 478 parcelles, on dispose de 2766 parcelles correctement localisées, les 418 parcelles restantes ne disposant pas d'une adresse parfaite (nom de rue correct, mais pas de numéro).

Le croisement pour l'analyse individuelle sera donc réalisé sur 2766 individus, alors que la totalité des 3178 parcelles seront incluses dans l'analyse par quartier.

#### **7.1.1. Analyse individuelle**

Le croisement entre le fichier de consommation et le fichier des parcelles correctement localisées est opérationnel sur 2065 individus (75%). Les 25% d'échec peuvent résulter d'erreurs sur le fichier des parcelles, mais très probablement sur le fichier des consommations (adresses client – compteur, ..). Il faut noter que pour une même parcelle cadastrale, il y a la possibilité de doublons (deux compteurs pour une maison coupée en deux avec un appartement individualisé par exemple).

Cette analyse est présentée dans le cadre du rapport IRSTEA (Marielle Monginoul).

#### **7.1.2. Analyse par quartier**

Sur les 92 quartiers sélectionnés, les 11 concernant la commune de Lattes ont un niveau de jointure faible, avec moins de 5 parcelles par quartier. L'étude statistique est donc ciblée sur les 81 quartiers restants.

La représentation graphique par commune avec la surface moyenne et la consommation observée (au moins deux années) montre clairement une relation ( $r^2 = 0.78$ ). Cette observation est cohérente avec le fait que la consommation réelle n'est liée à la seule surface du paramètre, mais intègre d'autres paramètres explicatifs tels que le cout de l'eau, la présence de forage, la présence d'un assainissement autonome, ...



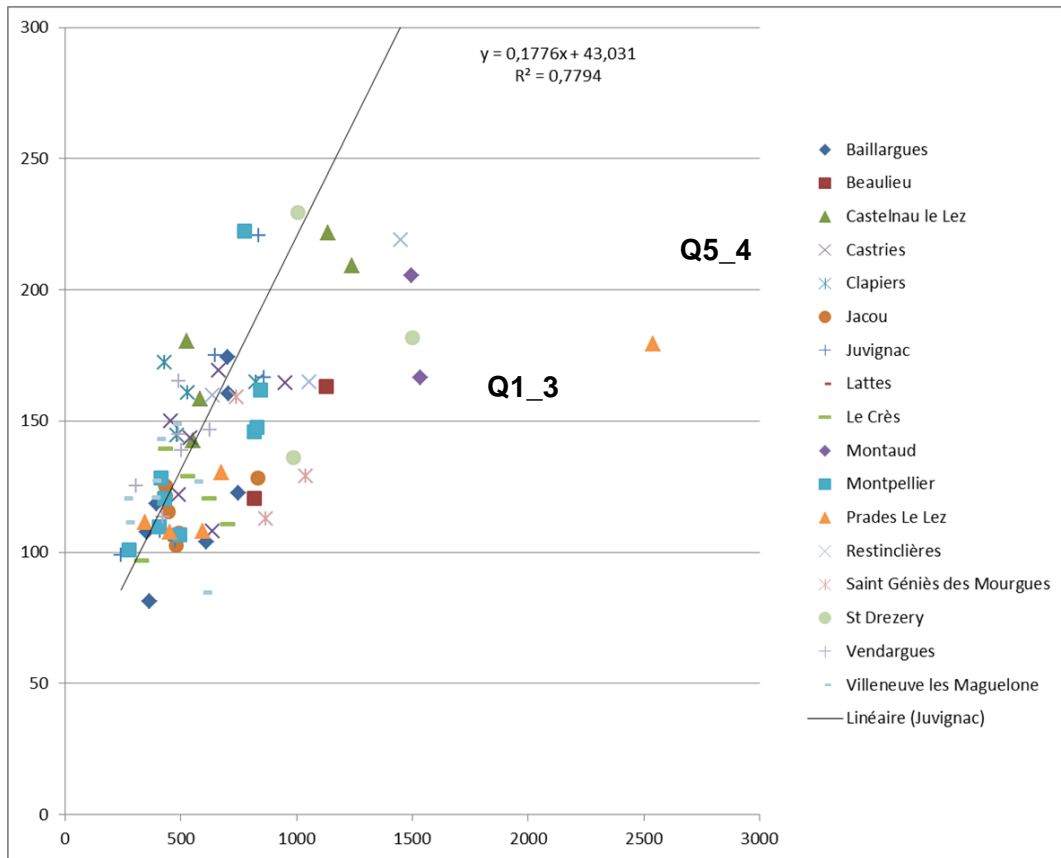


Tableau 10 : consommations en eau (VEOLIA) et taille du parcellaire

### L'assainissement autonome

Les habitations raccordées au réseau d'assainissement payent avec leur facture une taxe, qui s'applique même pour l'eau utilisée pour les usages extérieurs (arrosage, piscine). Le coût plus élevé de l'eau peut être un facteur supplémentaire amenant à consommer moins d'eau potable du réseau AEP.

Logiquement, pour ces habitations, l'estimation par télédétection devrait être cohérente avec la consommation réelle, car du fait d'un prix moins élevé, les usages extérieurs seront éventuellement plus élevés, d'où une évaluation de la consommation plus forte, mais une facture aussi plus élevée

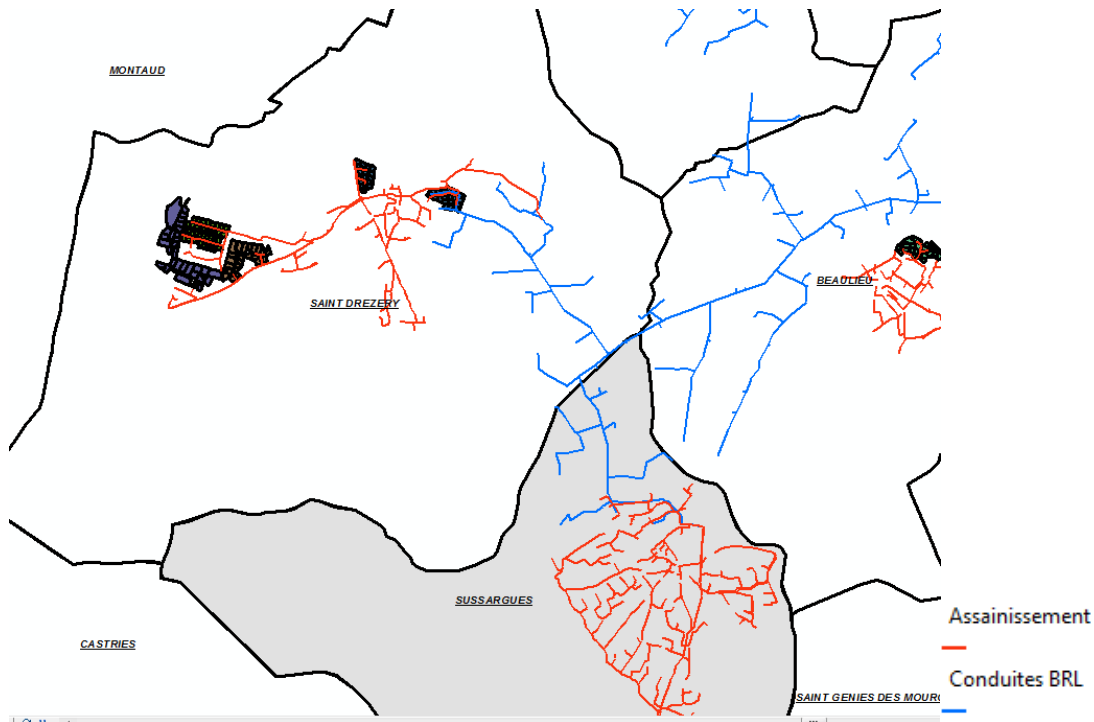


Tableau 11 : Cartographie des réseaux d'assainissement et d'eau brute

### L'accès au réseau d'eau brute

L'accès au réseau d'eau brute est difficilement interprétable. En effet, seules quelques communes disposent de ce réseau totalement ou en partie (Beaulieu, Restinclières, St Geniès, Baillargues, Le Crès, Castries et Castelnaud), mais toutes les habitations ne sont pas automatiquement raccordées. De plus, lorsque le parcellaire est petit (lotissement de Baillargues, Vendargues, avec des parcelles d'environ 500m<sup>2</sup>), l'intérêt économique de l'accès à l'eau brute devient moindre.

Cependant, pour les habitations raccordées, il s'agira du facteur le plus probable expliquant une consommation moindre sur le réseau AEP

### Le type résidentiel

Les communes de Montaud et St-Drezery, les plus éloignées du centre de Montpellier ont un parcellaire en général plus important que dans les villages à proximité immédiate de la ville.

### Le niveau de vie

Les revenus des foyers n'étant pas une donnée disponible, on propose d'utiliser le paramètre « surface construite » comme clé d'interprétation. On peut ainsi observer une corrélation totale

avec la consommation ( $r^2$  de 42% sur l'effectif de 81 quartiers, de 98% sur les classes d'habitat –tableau 9- )

surface bâtie	Consommation VEOLIA (m3)
>175	178,9
150-175	161,9
125-150	134,4
<125	109,7

Tableau 12 : Surface bâtie et consommation en eau

### L'accès à l'eau souterraine

L'exploitation d'un forage constitue naturellement une hypothèse forte lorsque la consommation est anormalement faible, au regard de la taille du parcellaire et de la présence d'usages extérieurs tels que pelouses irriguées et piscines.

Différentes méthodologies ont été proposées afin d'aider à l'identification de forages, basées sur la prise en compte d'éléments cités comme l'assainissement, le coût de l'eau, le coût de réalisation d'un forage (profondeur de la ressource, géologie, ..).

En conclusion, l'évaluation du besoin en eau avec calcul par télédétection des usages extérieurs (plus une consommation ménagère de 70m<sup>3</sup>) est correction pour 57% des quartiers (+ ou – 20% par rapport à la consommation réelle)

Pour 15% des quartiers, on observe une sous-évaluation de la consommation, de 20 à 37%, par rapport aux données réelles. Les hypothèses avancées seront la présence d'usagers professionnels (exemple d'un entrepreneur nettoyant son matériel à son domicile, ..), de comportements très consommateurs (niveau de vie ?), ou d'usages exceptionnels (surplus de consommation lors de plantations par exemple)

Enfin, on observe pour 28% des quartiers une surconsommation (16% des quartiers entre 20 et 50%, et 12% des quartiers à plus de 50%) probable par rapport à la consommation VEOLIA. Les hypothèses seront alors l'accès au réseau d'eau brute lorsque celle-ci est disponible, un nombre de résidences secondaires important, mais surtout la présence de forages.

## 8. Conclusion

Cette étude vise à aider (1) à la gestion de la distribution d'eau et (2) à la prise en compte du type d'habitat. Cependant, face aux défis consistant à mener une analyse avec des contraintes de données, les questions de confidentialité, etc., il est apparu impératif de mettre en avant un certain nombre d'hypothèses génératrices d'incertitudes.

1. Consommation en eau pour les piscines : l'hypothèse suivie vise à compenser l'évaporation, les rejets pour nettoyage, et enfin tient compte d'un remplissage complet tous les 5 ans. Les pertes liées à des fuites, ou bien à des usages différents (éclaboussures, ..) ne peuvent être prises en compte.
2. Consommation d'eau pour les espaces verts : l'analyse d'image faite s'appuie sur une seule donnée acquise en été. Il est probable qu'une approche multi date (hiver ou printemps / été) permettrait une classification plus précise, en particulier au niveau des surfaces arborées.  
Des espaces potentiellement irrigués (pelouses) ne peuvent être détectés lorsqu'ils sont situés à l'ombre, ou bien sous des arbres. Ce cas de figures ne peut être négligé, ce qui nous a conduits à émettre l'hypothèse qu'une partie des surfaces arborées étaient irriguées. De plus, même si ce sont les pelouses qui s'avèrent les plus consommatrices, les jardins potagers, les parterres fleuris, les haies arbustives et certains arbres (décoratifs tels que les saules, ou fruitiers) requièrent un arrosage, dans des quantités difficiles à évaluer précisément.
3. Usages différents : outre le paramètre social qui fait que le comportement de chacun va différer selon l'importance attribuée à l'eau, la façon de consommer des usagers va aussi dépendre de (1) facteurs économiques (prix de l'eau) et des possibilités alternatives. En effet, le fait de disposer d'un réseau d'eau brute rendra l'utilisation de l'eau pour l'arrosage plus acceptable (l'utilisateur n'arrosera alors plus avec de l'eau potable). La possibilité d'un forage va aussi modifier de façon conséquente l'usage de l'eau, avec une impression d'absence de contraintes financières.
4. Enfin, l'évaluation des besoins totaux s'est basée sur une consommation moyenne de 100 m<sup>3</sup> qui pourra naturellement varier selon la composition des ménages.



**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34

**Service D3E/RNE**  
1039 rue de Pinville,  
34000 - Montpellier  
Tél. : 04 67 15 79 80