

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

Le cas de l'agglomération de Perpignan

BRGM/RP-60126-FR
Août 2011

BRGM/RP-60126-FR
Août 2011

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

Le cas de l'agglomération de Perpignan

BRGM/RP-60126-FR

Août 2011

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

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

Vérificateur :

Nom : N. GRAVELINE Date 26.07.2012

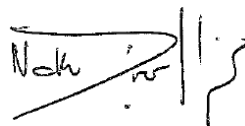
Signature :



Approbateur :

Nom : N. DORFLIGER Date : 26.07.2012

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) - Relation entre le type d'urbanisation et la consommation des ménages en eau. Agglomération de Perpignan. Rapport intermédiaire RP-60126-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 l'Agglomération de Perpignan Méditerranée (PMCA).

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 43790 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). La grande taille de l'échantillon retenu (43790 parcelles, soit 58% des parcelles construites de PMCA) confère une certaine robustesse aux résultats.

Les premiers résultats sont relatifs aux caractéristiques de l'habitat de la zone (*Tableau 1*) :

- Les maisons situées dans les cœurs historiques des villages, avec et sans cour, représentent 22.2% du parc de logement étudié. Elles n'ont que peu d'usages extérieurs : les piscines y sont rares, la pelouse irriguée quasi inexistante (1.6 m² en moyenne) et la surface en arbustes et arbres de 17 m² pour les maisons de surface comprise entre 100 et 200 m².
- Les maisons implantées sur de très petites parcelles (<200 m²) représentent 32.7% de notre échantillon. La surface moyenne en pelouse arrosée de cette catégorie de maisons est très faible (2.6 m² en moyenne) mais celle occupée par des arbustes ou

arbres est de 10.5 m² en moyenne ; seules 6.8% des petites maisons hors village entre 100 et 200m² sont équipées d'une piscine dont la surface moyenne est de 13.6 m².

- Les petites (200 à 350m²) et moyennes (350 à 500 m²) parcelles représentent l'essentiel du parc de logement individuel, avec respectivement 25.6 et 20.5% du parc. La surface moyenne en pelouse arrosée est respectivement de 9 et 16.5 m², la surface arborée de 51 et 94 m². Une piscine est présente sur respectivement 20% et 38% des parcelles de chaque type, la surface de la piscine étant de 15.8 m² et 20.5 m².
- 13.8% des parcelles ont une taille comprise entre 500 et 1000 m². La surface moyenne en pelouse arrosée est de l'ordre de 51.4 m², la surface arborée de 170 m². Le taux d'équipement en piscine est de 49%, la surface des piscines de 27 m².
- Les parcelles de 1000 à 2000 m² représentent 4.3% du parc et celles de 2000 à 5000 m² 2.7%. Pour ces parcelles, les surfaces en pelouse arrosée sont beaucoup plus importantes (respectivement de 141 et 315 m²) mais restent toujours très inférieures aux surfaces arborées (390 et 920 m²). Respectivement 60% et 63% de ces maisons sont équipées de piscines, dont la taille est de 35m² et 43 m² en moyenne pour chaque type.
- Enfin, les parcelles de plus de 5000 m² représentent un peu plus de 1%, elles ne sont pas étudiées ici car atypiques et souvent liées à des activités agricoles (maraîchage).

Parcelles	Nombre	% piscine	Apport piscine (m3)	Jardins	Conso Totale (m3)
1. "<100m ² / sans cour"	6409	0.5%		0	0
2. "<100m ² / avec cour"	2101	1.2%		1	1
3. "100 à 200m ² / village"	1210	2.1%		1	1
4. "100 à 200m ² / hors village"	4610	6.8%	16	3	19
5. "200 à 350m ² "	11351	19.8%	19	6	25
6. "350 à 500m ² "	8970	38.2%	24.1	13	37
7. "500 à 1000m ² "	6061	49.2%	31.3	25	57
8. "1000 à 2000m ² "	1900	59.9%	40.9	69	110
9. "2000 à 5000m ² "	1178	63.2%	49.1	156	205

Tableau 1 : Evaluation des consommations extérieures par type de parcellaire

Globalement, on constate que les surfaces de pelouse irriguée sont relativement faibles, et dans tous les cas très inférieures aux surfaces occupées par des arbustes et des arbres. Les habitants semblent donc privilégier l'agrément visuel des arbustes décoratifs et l'ombre des arbres que le confort procuré par une pelouse bien entretenue. Concernant les piscines, le taux d'équipement varie de 7% pour les très petites parcelles à 63% pour les plus grandes, il

augmente avec la taille de la parcelle. Logiquement, la taille de la piscine est positivement corrélée à la taille de la parcelle.

La consommation totale associée aux usages extérieurs varie donc de 0 à 205 m³ (0 pour la classe 1, 205 pour la classe 9) pendant la période de pointe (01/05 au 30/09). Concernant les piscines, la consommation estimée varie de 16 à 49 m³ par an, cette estimation reposant sur l'hypothèse d'une vidange tous les 5 ans (hypothèse basse). Les volumes associés à l'arrosage des jardins (pelouses et arrosage partiel des arbres) sont beaucoup plus variables. Ils varient quelques m³ par an pour les petites parcelles à 156 m³ pour les plus grandes parcelles. Rappelons qu'il s'agit de moyennes estimées sur un échantillon de très grand effectif, qui peuvent masquer des comportements très différents d'un ménage à l'autre.

Une sélection de 100 quartiers (3617 parcelles) a été réalisée, en indiquant pour chaque parcelle l'adresse, afin de permettre une analyse des consommations en eau à partir des fichiers de consommation fournis par les trois distributeurs : VEOLIA, la SAUR et la Régie.

L'analyse des consommations se fera :

- d'une part au niveau individuel sur les individus ayant permis une parfaite relation (adresse parfaitement indiquée sur les deux fichiers géographique et de consommation)
- d'autre part sur la base des 100 quartiers, l'intégration étant alors faite par rues entières

Sommaire

1. Introduction	11
2. Zone d'étude et données	13
2.1. ZONE D'ETUDE	13
2.2. DONNEES DISPONIBLES	13
3. Méthodologie	15
3.1. CARACTERISATION DE L'HABITAT	16
3.2. IDENTIFICATION D'UN JEU DE PARCELLES POUR UNE ANALYSE STATISTIQUE POUSSEE	17
4. Identification des surfaces consommatrices en eau par télédétection	19
4.1. CLASSIFICATION DE L'ORTHOPHOTO 2009	19
4.2. INTEGRATION DANS LE PARCELLAIRE DES SURFACES CONSOMMATRICES 21	
5. Evaluation de la consommation en eau pour les usages extérieurs	25
5.1. HYPOTHESES DE CONSOMMATIONS	25
5.1.1. Consommation en eau des piscines	25
5.1.2. Consommation en eau pour l'arrosage	27
5.2. EVALUATION DES VOLUMES CONSOMMES POUR LES USAGES EXTERIEURS 27	
5.3. SYNTHESE DES RESULTATS	30
6. Prise en compte du changement climatique	33
6.1. ANALYSES DES DONNEES METEOROLOGIQUES.....	33
6.2. SIMULATION DE CONSOMMATION POUR LA PERIODE 2046-2060	35
7. Comparaisons des consommations estimées et observées.....	37

7.1. MISE EN RELATION AVEC LE FICHIER DES CONSOMMATIONS.....	37
7.2. EVALUATION DES INCOHERENCES LIEES A LA PROBABILITE DE FORAGES OU DE MAISONS SECONDAIRES	37
8. Conclusion.....	41

Liste des figures

<i>Figure 1: Communes étudiées de la PMCA</i>	<i>13</i>
<i>Figure 2: Méthodologie proposée</i>	<i>15</i>
<i>Figure 3: Catégorisation du parcellaire bâti en 10 catégories (surface moyenne et le pourcentage de l'effectif).....</i>	<i>16</i>
<i>Figure 4: Classification du parcellaire en 10 catégories (la catégorie 10 – parcellaire > 5000m² - n'est pas représentée)</i>	<i>17</i>
<i>Figure 5: classification supervisée sur les 21 secteurs</i>	<i>20</i>
<i>Figure 6: Intégration de l'occupation du sol pour chaque parcelle</i>	<i>21</i>
<i>Figure 7: Relation entre la température et l'évaporation pour différentes vitesses de vent (Dorsey et al, 1940))</i>	<i>25</i>
<i>Figure 8: Relation la consommation en eau pour les usages extérieurs et la surface du parcellaire.....</i>	<i>29</i>
<i>Figure 9: Exemple de suspicion de forage</i>	<i>38</i>

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Evaluation des consommations extérieures par type de parcellaire</i>	<i>6</i>
<i>Tableau 2: Classification des 3617 parcelles échantillonnées selon le type d'habitat</i>	<i>18</i>
<i>Tableau 3 : Tableau de synthèse associant le parcellaire à l'occupation du sol.....</i>	<i>23</i>
<i>Tableau 4 : calcul de l'évaporation (source Météo France et Cemagref, données SAFRAN affectées au centroïde des communes).....</i>	<i>26</i>
<i>Tableau 5 : Evaluation de la consommation en eau pour les piscines – 43790 parcelles</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 6 : Evaluation de la consommation en eau pour les jardins – 43790 parcelles.....</i>	<i>28</i>
<i>Tableau 7 : Evaluation de la consommation en eau pour les piscines et jardins – échantillon de 3617 parcelles.....</i>	<i>30</i>
<i>Tableau 8: Synthèse des paramètres météorologiques utilisés : ETP et évaporation (journalier).....</i>	<i>34</i>
<i>Tableau 9 : simulation des consommations pour usages extérieurs entre 2046-2060</i>	<i>35</i>
<i>Tableau 10 : Analyse des consommations selon les usages</i>	<i>39</i>

1. Introduction

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, cofinancé par l'Agence Nationale de la Recherche dans le cadre de son programme « Villes Durables », en partenariat avec l'Agglomération de Perpignan Méditerranée (PMCA).

Le principal objectif du travail présenté ci-dessous 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 qui est analysé à travers un échantillon de 43 790 maisons individuelles situées dans 21 communes de l'agglomération. Le rapport est organisé comme suit. La section 2 présente la zone d'étude et les données utilisées. La section 3 apporte des informations sur la taille des parcelles, mettant en évidence la prédominance des parcelles de taille petite et moyenne (46% des maisons sont implantées sur des parcelles de taille comprise entre 200 et 500 m²). La section 4 présente la méthodologie et les résultats de l'analyse des caractéristiques spatiales du parc de logement individuel, estimant notamment les surfaces en pelouse arrosée et en surface arborée ainsi que le taux d'équipement en piscines. Enfin, la section 5 présente la méthode d'évaluation des consommations en eau associées aux usages extérieurs. Les résultats sont synthétisés dans la dernière section qui présente également les perspectives de cette recherche.

2. Zone d'étude et données

2.1. ZONE D'ETUDE

La Communauté d'Agglomération dans sa configuration 2010 compte 26 communes. Elle s'étend sur 355 km², et compte près de 197 000 habitants, dont 60% sur la seule commune de Perpignan (Figure 1).

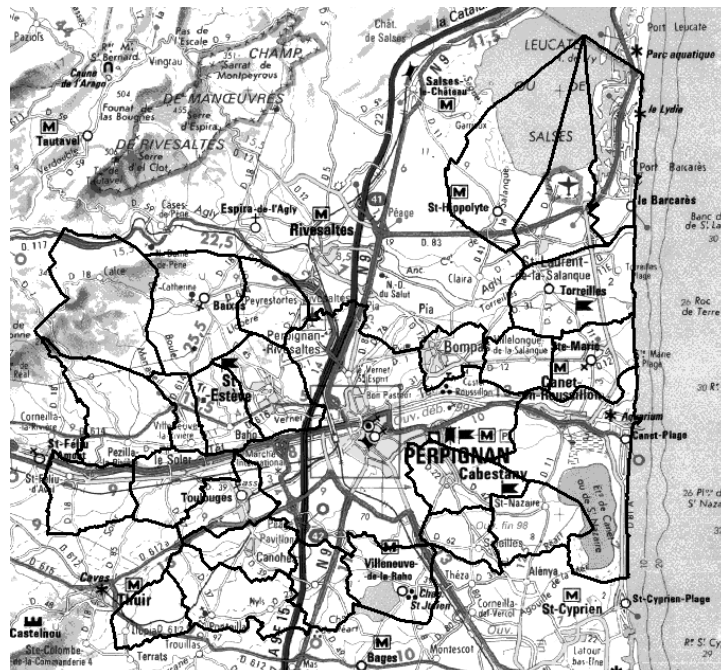


Figure 1: Communes étudiées de la PMCA

Les communes situées entre Perpignan et le littoral ont une forte vocation touristique ; celles situées à l'ouest de la ville correspondent davantage à des villages ayant connu un essor important de la population du fait de leur proximité avec Perpignan.

2.2. DONNEES DISPONIBLES

Les données utilisées sont les suivantes :

1. Le cadastre numérique, disponible pour 24 communes (absent sur Calce et Saint Hyppolyte) a été fourni par les Services de la PMCA. 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 défaillant 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 le Cemagref 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. Les données relatives au vent sont disponibles sur la seule commune de Perpignan.
4. La seule donnée de télédétection disponible est l'ortho photographie acquise pour la PMCA en août 2009. L'utilisation d'une image acquise en fin 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).

3. Méthodologie

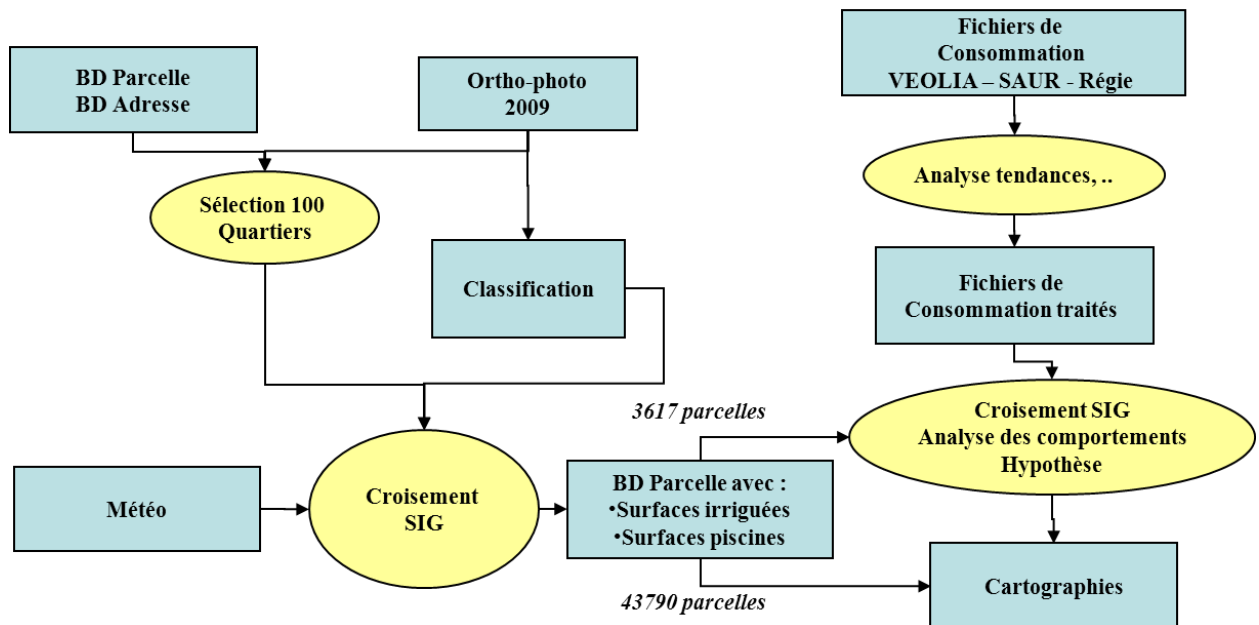


Figure 2: Méthodologie proposée

La méthodologie proposée (Figure 2) s'appuie sur l'utilisation de la télédétection, la couverture ortho photographique acquise en août 2009 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.

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 2009, année de prise de vue des orthophotos, (2) pour la décade 2001-2010, 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 21 zones ayant fait l'objet d'une classification de l'ortho photo 2009 (58% des parcelles cadastrales bâties de la PMCA), et
- le second correspond à un échantillon de 100 quartiers (3170 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 3*) 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 43 790 parcelles situées dans les zones urbanisées de la PCAM. (*Figure 4*)

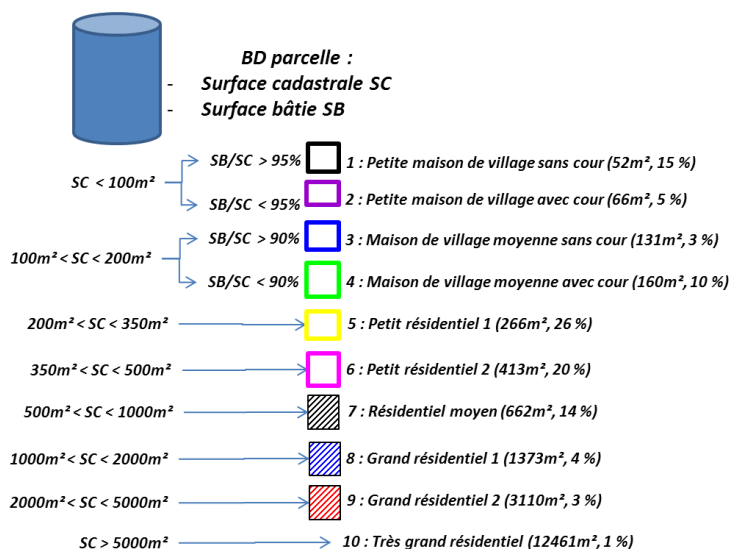


Figure 3: Catégorisation du parcellaire bâti en 10 catégories (surface moyenne et le pourcentage de l'effectif)

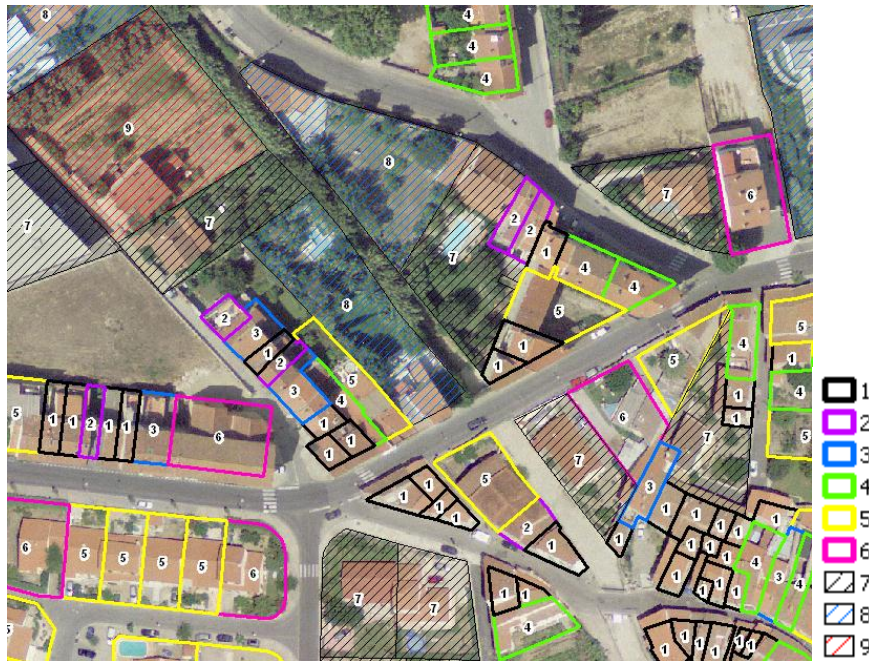


Figure 4: Classification du parcellaire en 10 catégories (la catégorie 10 – parcellaire > 5000m² - n'est pas représentée)

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

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 par les distributeurs que sont VEOLIA, la SAUR et le Régie, n'est pas faisable en l'état, aucun champ ne permettant une jonction des fichiers

Aussi la prise en compte de la donnée ING de la BD Adresse a permis pour un ensemble de 3617 parcelles cadastrales regroupées sur 100 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 100 quartiers sont représentatifs des types d'habitat décrits ci-dessus. Entre 23 et 70 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. En effet, par l'exemple l'analyse par quartier prendra dans sa totalité la rue des Malvoisies à Baho, en faisant abstraction de la numérotation. Les particularismes éventuels tels qu'un ménage particulièrement économe seront alors lissés dans un effectif allant de 23 à 70 habitations.

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 2*)

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. 3555 parcelles sont ainsi localisées avec un numéro. Les 62 parcelles restantes (doute sur le numéro, pas de numéro d'adresse) ne permettront pas une jonction avec les 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 ²)	Surface Bâti	Ration Bâti/Tot
1. "<100m ² / sans cour"	6	0.17%	40	40	100%
2. "<100m ² / avec cour"	5	0.14%	79	67	84%
3. "100 à 200m ² / village"	3	0.08%	135	134	100%
4. "100 à 200m ² / hors village"	215	5.99%	173	78	45%
5. "200 à 350m ² "	1137	31.70%	266	108	40%
6. "350 à 500m ² "	1104	30.78%	411	126	31%
7. "500 à 1000m ² "	750	20.91%	640	158	25%
8. "1000 à 2000m ² "	235	6.55%	1403	229	16%
9. "2000 à 5000m ² "	132	3.68%	3092	267	9%

Tableau 2: Classification des 3617 parcelles échantillonnées selon le type d'habitat

4. Identification des surfaces consommatrices en eau par télédétection

4.1. CLASSIFICATION DE L'ORTHOPHOTO 2009

La taille du fichier de l'ortho photographie aérienne (52 giga-octets, résolution de 20 cm, 140 000 colonnes X 135 000 lignes) rend cette image incompatible avec la plupart des logiciels de traitement d'image, pour une classification unique. Aussi avons-nous été amenés à extraire 21 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 21 zones (*Figure 5*), afin de produire une nomenclature identique. Ces 21 zones comptent 43 790 parcelles cadastrales construites. En effet, les parcelles cadastrales sans aucun bâti ne sont pas traitées, car ne présentant pas d'intérêt pour l'étude. Cet échantillon représente 58% de l'ensemble des parcelles construites sur la PMCA (hors Calce et Villeneuve la Rivière sans cadastre numérique, et hors Llupia et Ponteilla sans couverture ortho photo). Cette proportion est de 77% en dehors de Perpignan (26% pour Perpignan), c'est-à-dire sur des communes plus rurales, où la classification prend en compte la très grosse partie des parcelles construites.

Selon les secteurs, entre 14 et 23 classes radiométriquement distinctes ont été identifiées (moyenne de 18 par secteur). 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 21 classifications (*Figure 5*) 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. Il convient de préciser que ces cas sont extrêmement peu nombreux et non représentatifs.

Les surfaces à l'ombre ne peuvent être classées dans l'une ou l'autre des catégories. En général, elles ne concernent guère les piscines, mais plutôt les surfaces en herbe, les arbres, ou bien les surfaces imperméabilisées. On décidera de ventiler les surfaces classées « Ombre » dans les autres catégories, au prorata de leur représentativité au sein de chacune des parcelles cadastrales. Il est important de remarquer que la date d'acquisition des photos, en milieu d'été, lorsque le soleil est haut, permet de limiter l'impact des ombres.

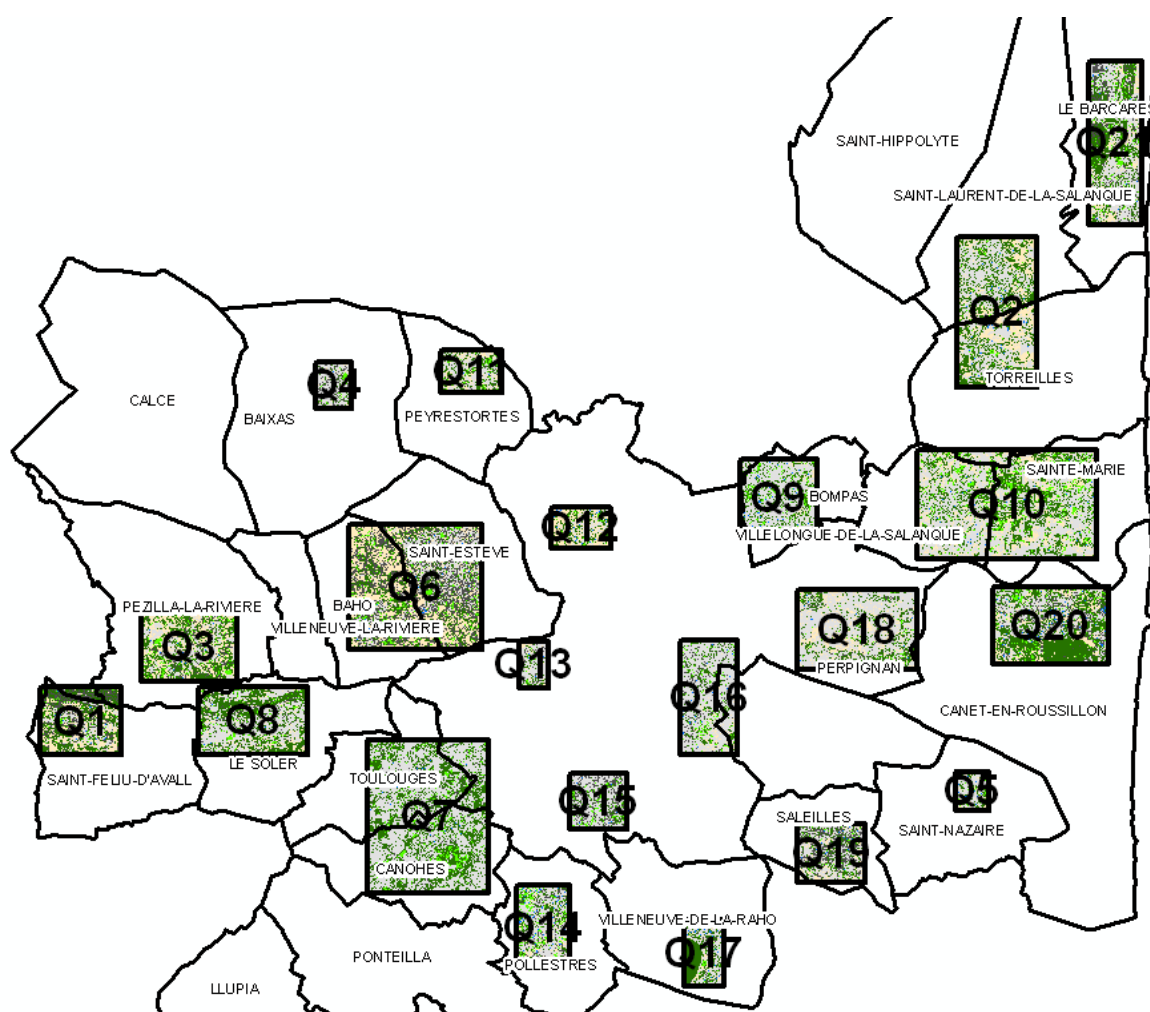


Figure 5: classification supervisée sur les 21 secteurs

4.2. INTEGRATION DANS LE PARCELLAIRE DES SURFACES CONSOMMATRICES

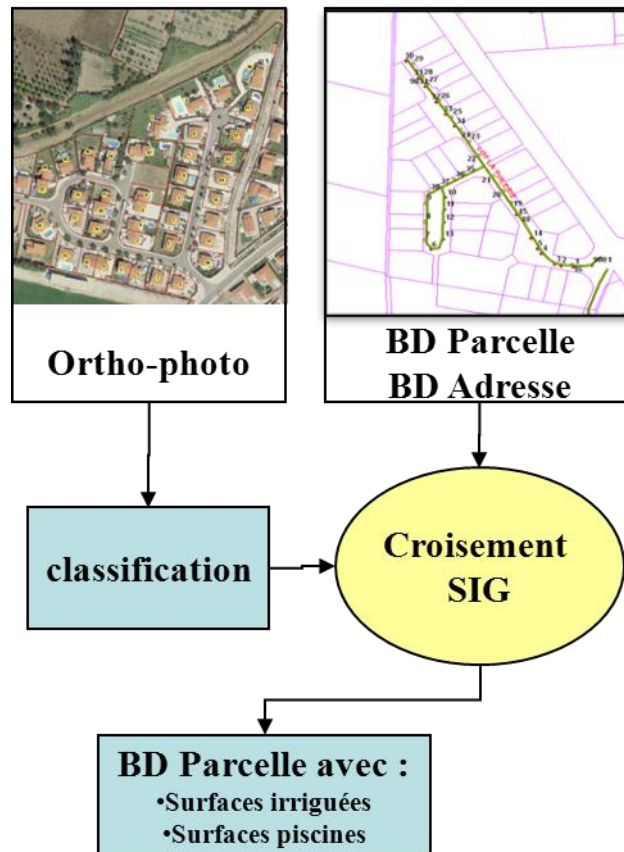


Figure 6: Intégration de l'occupation du sol pour chaque parcelle

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 6)

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 7m² (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 3*) 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 »

Code-Ident	SSURF (cadastre)	SURF_FINAL (SIG)	Scos (BATI / SURFFINAL)	adresse_complète	Surface bati (m²)	Surface Eau (m²)	Présence piscine	Surface "sec" (m²)	Surface imperméabilisée (m²)	Surface irriguée (m²)	Surface arborée (m²)	code habitat
660012 AH	409.27	410.32	27.37	1, RUE DES MALVOISIES, BAHO	112.29	0.00	non	18.93	182.34	95.96	112.93	6
660012 AH	230.86	231.46	33.07	3, RUE DES MALVOISIES, BAHO	76.54	0.00	non	67.03	143.47	7.04	13.90	5
660012 AH	225.22	225.80	33.06	5, RUE DES MALVOISIES, BAHO	74.64	0.00	non	27.54	154.74	8.74	33.82	5
660012 AH	212.77	213.32	47.66	7, RUE DES MALVOISIES, BAHO	101.66	0.00	non	10.86	193.04	0.12	3.25	5
660012 AH	428.33	528.41	27.53	11, RUE DES MALVOISIES, BAHO	145.45	30.12	oui	71.96	290.95	14.38	121.31	7
660012 AH	325.84	386.48	35.43	13, RUE DES MALVOISIES, BAHO	136.92	20.12	oui	4.76	229.70	59.38	72.64	6
660012 AH	433.33	530.35	26.62	17, RUE DES MALVOISIES, BAHO	141.18	38.24	oui	7.58	304.77	48.23	131.70	7
660012 AH	397.19	499.58	27.83	19, RUE DES MALVOISIES, BAHO	139.06	24.84	oui	43.00	306.06	23.69	101.93	6
660012 AH	293.80	363.02	34.04	21, RUE DES MALVOISIES, BAHO	123.56	0.00	non	70.79	261.60	7.11	17.65	6
660012 AH	418.68	447.29	25.32	23, RUE DES MALVOISIES, BAHO	113.25	0.00	non	22.83	159.25	37.27	227.12	6
660012 AH	450.97	452.13	34.01	27, RUE DES MALVOISIES, BAHO	153.77	21.08	oui	24.07	281.44	45.48	80.05	6
660012 AH	323.88	324.71	38.29	29, RUE DES MALVOISIES, BAHO	124.32	0.00	non	7.79	210.41	17.50	87.98	5
660012 AH	322.24	323.07	32.45	31, RUE DES MALVOISIES, BAHO	104.85	0.00	non	32.13	204.54	7.07	76.85	5
660012 AH	354.08	354.99	42.83	33, RUE DES MALVOISIES, BAHO	152.05	0.00	non	40.10	286.42	7.72	17.13	6
660012 AH	491.30	492.56	36.89	35, RUE DES MALVOISIES, BAHO	181.69	26.04	oui	18.61	310.63	24.37	112.95	6
660012 AH	374.86	375.82	34.43	37, RUE DES MALVOISIES, BAHO	129.41	0.00	non	21.79	199.88	31.67	122.46	6
660012 AH	257.46	258.12	56.40	39, RUE DES MALVOISIES, BAHO	145.59	0.00	non	9.37	223.65	8.33	15.73	5
660012 AH	253.61	254.27	45.21	41, RUE DES MALVOISIES, BAHO	114.94	9.48	oui	8.23	156.44	9.73	70.31	5
660012 AH	255.42	256.07	34.85	43, RUE DES MALVOISIES, BAHO	89.24	0.00	non	77.38	146.59	6.93	25.27	5
660012 AH	390.41	391.41	27.18	45, RUE DES MALVOISIES, BAHO	106.37	32.80	oui	29.35	298.48	1.92	28.69	6
660012 AH	382.50	383.49	40.06	47, RUE DES MALVOISIES, BAHO	153.64	20.48	oui	6.29	295.97	31.08	29.59	6
660012 AH	259.18	259.85	51.60	49, RUE DES MALVOISIES, BAHO	134.09	16.08	oui	9.02	213.34	5.48	16.08	5

Tableau 3 : Tableau de synthèse associant le parcellaire à l'occupation du sol

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

5.1. HYPOTHESES DE CONSOMMATIONS

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

5.1.1. Consommation en eau des piscines

L'hypothèse suivie est basée sur le fait que le remplissage des piscines vise à compenser l'évaporation. L'évaporation sera considérée comme relativement semblable sur l'ensemble des communes du fait d'une variabilité spatiale faible. En effet, l'ETP varie de 603mm pour les communes de Calce à l'Ouest de PMCA, jusqu'à 620mm pour les communes littorales

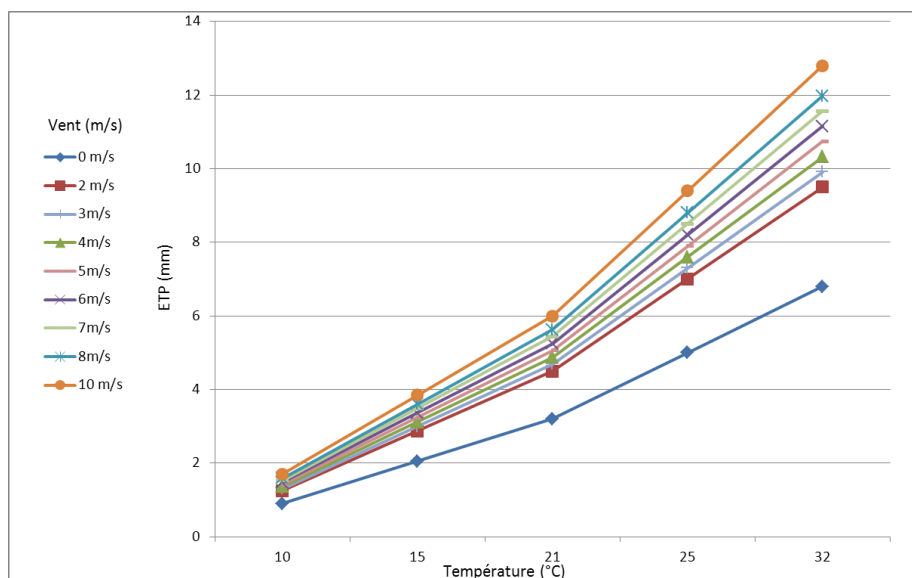


Figure 7: Relation entre la température et l'évaporation pour différentes vitesses de vent (Dorsey et al, 1940))

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 7) 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 4*).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Avril		2.0	2.8	0.5	2.2	0.0	0.4
Mai	0.0	2.2	4.0	2.7	1.6	4.0	2.4
Juin	5.8	6.2	6.1	5.5	5.6	5.4	5.8
Juillet	6.7	6.9	7.9	6.5	6.3	6.5	6.8
Août	5.7	6.4	5.6	5.6	6.3	5.9	5.9
Septembre	4.8	3.3	2.7	4.7	4.1	3.9	3.9
Octobre	1.6	0.0	1.9	2.3	3.3	1.7	1.7
Novembre	1.1		2.3	1.5	0.2	0.1	0.1

Tableau 4 : calcul de l'évaporation (source Météo France et Cemagref, données SAFRAN affectées au centroïde des communes)

Une vérification des ordres de grandeur a pu être effectuée en se basant sur le suivi précis de la consommation d'eau pour une piscine de 37m² et d'un volume de 43m³ (7 années de suivi)

La consommation est séparée en plusieurs actions :

1. Le remplissage proprement dit : 43m³, puis hypothèse d'une vidange complète tous les 5 ans.
2. La mise en niveau en sortie d'hiver : 4 m³ par an (10% du volume de la piscine).
3. Les nettoyages périodiques (8 par saison en moyenne) : 1.14 m³ par an.
4. Les mises à niveau visant à compenser l'évaporation.

Le volume consommé est de 37 m³/an hors remplissage, et donc de 45.7 m³/an (20% du volume de la piscine en suivant l'hypothèse d'un remplissage tous les 5 ans.

En appliquant l'approche théorique basée sur la compensation de l'évaporation, on obtient pour cette piscine un volume annuel moyen sur les 7 ans de 34.4 m³ (compensation de l'évaporation, mise à niveau en sortie d'hiver et nettoyages périodiques des filtres) et 43 m³ en tenant compte du remplissage initial valable pour une période de 5 ans.

Si les hypothèses émises semblent cohérentes après confrontation à ce suivi, il apparaît nécessaire de compléter dans l'avenir cette validation.

5.1.2. Consommation en eau pour l'arrosage

L'évaluation de l'irrigation des jardins est basée sur des hypothèses encore plus fortes que celles émises pour l'usage des piscines. En effet, l'irrigation des pelouses répond 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 43790 parcelles permet de calculer, à partir des surfaces des piscines et des surfaces arrosées, les volumes d'eau consommés pour ces usages extérieurs. (*Tableau 5* et *Tableau 6*)

Dès que les parcelles ont une surface supérieure à 500 m², le nombre de piscines est important (49% pour les parcelles de 500 à 1000 m², 60% pour celles de 1000 à 2000 m² et 63% pour celles de 2000 à 5000 m²). La surface des piscines est logiquement corrélée à celle des parcelles (de 20 m² par piscine en petit résidentiel à 43 m² en grand résidentiel). De la même manière, les jardins et surfaces arborées, très marginales sur les maisons de village (< 200m²), vont croître avec la taille des parcelles.

Parcelle			Piscine			
Type urbanisme	Nom- bre	Surface (m ²)	Nombre	% pis- cine	Surface (m ²)	Volume (m ³)
1 : "<100 m ² / sans cour"	6409	52	33	0.5%		
2 : "<100 m ² / avec cour"	2101	66	26	1.2%		
3 : "100 à 200 m ² / village"	1210	131	26	2.1%		
4 : "100 à 200 m ² / hors village"	4610	160	312	6.8%	13.6	16
5 : "200 à 350 m ² "	11351	266	2242	19.8%	15.8	19
6 : "350 à 500 m ² "	8970	413	3428	38.2%	20.5	24.1
7 : "500 à 1000 m ² "	6061	662	2982	49.2%	27.0	31.3
8 : "1000 à 2000 m ² "	1900	1373	1138	59.9%	35.5	40.9
9 : "2000 à 5000 m ² "	1178	3110	745	63.2%	42.8	49.1

Tableau 5 : Evaluation de la consommation en eau pour les piscines – 43790 parcelles

Parcelle			Végétation		
Type urbanisme	Nombre	Surface Moyenne (m ²)	Surface arrosée (m ²)	Surface arborée (m ²)	Arrosage (m ³)
1 : "<100 m ² / sans cour"	6409	52	0.4	2.4	0
2 : "<100 m ² / avec cour"	2101	66	0.9	9.4	1
3 : "100 à 200 m ² / village"	1210	131	1.5	7.3	1
4 : "100 à 200 m ² / hors village"	4610	160	3.1	27.5	3
5 : "200 à 350 m ² "	11351	266	7.1	57.0	6
6 : "350 à 500 m ² "	8970	413	15.6	104.1	13
7 : "500 à 1000 m ² "	6061	662	32.5	189.1	25
8 : "1000 à 2000 m ² "	1900	1373	97.7	434.0	69
9 : "2000 à 5000 m ² "	1178	3110	213.7	1022.3	156

Tableau 6 : Evaluation de la consommation en eau pour les jardins – 43790 parcelles

Aussi les consommations en eau dédiés aux usages extérieurs, négligeables pour des parcelles inférieures à 500m² (moins de 13m³), vont croître linéairement avec la surface des parcelles (*Figure 8*). Il est cependant intéressant d'analyser le ratio entre les surfaces arrosées et la taille totale des parcelles. Ce ratio est négligeable pour les parcellaires inférieurs à 200m². Il est ensuite croissant, passant de 4.8% (classe 5 -200 à 350m²) à 10.3% (classe 9 - 1000 à 2000m²). Enfin, même 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. Par contre on pourra émettre l'hypothèse de la présence de forages lorsque de toute évidence la surface cartographiée en « arrosé » s'avère totalement déconnectée des volumes d'eau consommés.

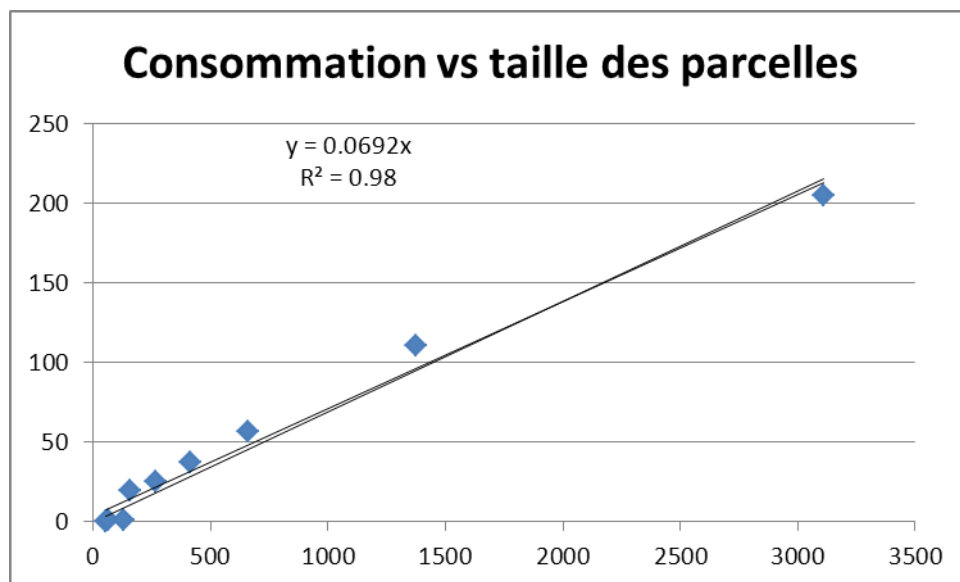


Figure 8: Relation la consommation en eau pour les usages extérieurs et la surface du parcellaire

Les mêmes évaluations et calculs sont faits sur les 3617 parcelles correspondant aux 100 quartiers, qui doivent être reliées aux consommations effectives fournies par les distributeurs. (*Tableau 7*)

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 43790 parcelles, et cet échantillon de 3617 parcelles. Les différences sont de l'ordre de 1%, à l'exception du plus grand parcellaire (classe 8 – 1000 à 2000m² - et classe 9 -2000 à 5000m²-), avec respectivement 9.3% et 13.9% de différence entre les consommations totales évaluées sur l'échantillon de 43790 parcelles et l'échantillon de 3617 parcelles.

Code	Nombre piscines	% piscine	Surface piscines (m ²)	Apport piscines (m3)	Apport arrosage (m3)	Conso usage extérieur (m3)
1					0	0
2					0	0
3					1	1
4	25	12%	12	15	3	18
5	289	25%	18	22	8	29
6	423	38%	21	25	13	38
7	421	56%	27	31	25	56
8	170	72%	39	45	84	130
9	98	74%	50	57	190	247
10	21	70%	48.0	54.9	324.7	380

Tableau 7 : Evaluation de la consommation en eau pour les piscines et jardins – échantillon de 3617 parcelles

5.3. SYNTHÈSE DES RESULTATS

L'évaluation globale de la consommation des ménages par type d'habitat revient à sommer les usages ménagers évalués à 120 m³ par an aux besoins extérieurs calculés ici. On observe alors une consommation qui peut évoluer d'un facteur à quasiment un facteur 3.

Les résultats confirment qu'il existe bien un lien entre la consommation en eau associée aux usages extérieurs et la taille des parcelles. La consommation estimée pour la période de pointe varie ainsi de 100 m³ à 267 m³ entre les plus petites et les plus grandes parcelles.

Globalement, on constate que les surfaces de pelouse irriguée sont relativement faibles, et dans tous les cas très inférieures aux surfaces occupées par des arbustes et arbres. Les habitants semblent donc privilégier l'agrément visuel des arbustes décoratifs et l'ombre des arbres que le confort procuré par une pelouse bien entretenue. Concernant les piscines, le taux d'équipement varie de 12% pour les très petites parcelles à 70% pour les plus grandes, il est croissant en fonction de la taille de la parcelle. Logiquement, la taille de la piscine est positivement corrélée à la taille de la parcelle.

Concernant les piscines, la consommation estimée varie de 15 à 57 m³ par an, cette estimation reposant sur l'hypothèse d'une vidange tous les 5 ans (hypothèse basse). Les volumes associés à l'arrosage des jardins (pelouses et arrosage partiel des arbres) sont beaucoup plus variables. Ils varient de quelques m³ par an pour les petites parcelles à près de 200 m³ pour les plus grandes parcelles (2000 à 5000 m²). Rappelons qu'il s'agit de moyennes estimées sur un échantillon de très grand effectif, qui peuvent masquer des comportements très différents d'un ménage à l'autre.

Les principales caractéristiques de chacune des catégories de logements identifiées sont les suivantes :

- Les maisons situées dans les cœurs historiques des villages, avec et sans cour, représentent 22% du parc de logements étudié. Elles n'ont que peu d'usages extérieurs : les piscines y sont rares, la pelouse irriguée quasi inexistante (1.5m² en moyenne) et la surface en arbustes et arbres de 15 m² pour les maisons de surface comprise entre 100 et 200 m².
- les maisons implantées sur de très petites parcelles (<100 m²) et situées en dehors des cœurs historiques de villages représentent 10% de notre échantillon. La surface moyenne en pelouse arrosée de cette catégorie de maisons est très faible (2.8 m² en moyenne) mais celle occupée par des arbustes ou arbres est de 34 m² en moyenne ; 12% de ces petites maisons sont équipées d'une piscine dont la surface moyenne est de 12 m².
- Les petites (200 à 350m²) et moyennes (350 à 500 m²) parcelles représentent l'essentiel du parc de logement individuel, avec respectivement 26 et 20% du parc. La surface moyenne en pelouse arrosée est respectivement de 9 et 16.5 m², la surface arborée de 62 et 106 m². Une piscine est présente sur respectivement 25% et 38% des parcelles de chaque type, la surface de la piscine étant de 16 m² et 21 m².
- 14% des parcelles ont une taille comprise entre 500 et 1000 m². La surface moyenne en pelouse arrosée est de l'ordre de 32 m², la surface arborée de 187 m². Le taux d'équipement en piscine est de 55%, la surface des piscines de 26 m².
- Les parcelles de 1000 à 2000 m² représentent 4% du parc et celles de 2000 à 5000 m² 3%. Pour ces parcelles, les surfaces en pelouse arrosée sont beaucoup plus importantes (respectivement de 124 et 259 m²) mais restent toujours très inférieures aux surfaces arborées (471 et 1271 m²). Respectivement 70% et 65% de ces maisons sont équipées de piscines, dont la taille est de 38m² et 46 m² en moyenne pour chaque type.
- Enfin, les parcelles de plus de 5000 m² représentent 1.4%, 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).

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 2009. 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 CO₂ 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 64km².

Nous avons extraits ces données pour la maille SAFRAN correspondante à la ville de Perpignan.

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 (2004 – 2009). (*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 1970-2000 et 2046-2065

2. Calcul de l'évaporation moyenne et de l'ETP moyenne à partir des données multi-modèles sur les périodes 1970-2000 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 2004-2009
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 2009	SAFRAN 2004 - 2010	Modèles 1971-2000	Modèles 2046 - 2065	Evolution période1 / période2	Application variation sur SAFRAN 2004-2010
Mai	3.87	3.74	3.82	4.27	11.87%	4.19
Juin	4.84	4.77	5.02	5.48	9.05%	5.20
Juillet	4.97	5.00	5.58	6.15	10.27%	5.52
Août	4.27	4.27	4.64	5.08	9.48%	4.67
Septembre	3.05	3.05	3.19	3.38	5.83%	3.22

Evapo-ration (mm)	SAFRAN 2009	SAFRAN 2004 - 2010	Modèles 1971-2000	Modèles 2046 - 2065	Evolution période1 / période2	Application variation sur SAFRAN 2004-2010
Mai	3.97	2.41	1.34	1.88	0.54	2.96
Juin	5.45	5.79	3.36	3.87	0.51	6.30
Juillet	6.51	6.81	4.32	4.93	0.61	7.41
Août	5.92	5.92	4.38	5.06	0.68	6.60
Septembre	3.91	3.91	2.68	3.32	0.64	4.55

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. L'augmentation est comprise entre 5.8% pour le moins de septembre, 11.9% pour le moins de mai. 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 0.5mm /jour.

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 m², l'augmentation du cubage lié au changement climatique est d'ordre de 20.

En calculant globalement la consommation pour les 43700 parcelles, on obtient un volume consommé de 5.85 millions de m³ (100m³ sont attribués pour la consommation des ménages hors usage extérieur). Ce volume passe à 6 millions de m³ par an, pour le milieu du 21^{ème} 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.

Type urbanisme	2000-2009			2046-2060			
	Piscine (m3)	Arrosage (m3)	Conso totale (m3)	Piscine (m3)	Arrosage (m3)	Conso totale (m3)	Progres-sion
"<100m ² / sans cour"		0.3	0.3		0.3	0.3	10.9%
"<100m ² / avec cour"		0.9	0.9		1.0	1.0	10.9%
"100 à 200m ² / village"		1.1	1.1		1.2	1.2	10.9%
"100 à 200m ² / hors village"	15.9	2.9	18.8	17.2	3.2	20.3	8.2%
"200 à 350m ² "	18.3	6.3	24.6	19.8	6.9	26.7	8.6%
"350 à 500m ² "	23.5	12.7	36.2	25.4	14.1	39.5	9.0%
"500 à 1000m ² "	30.6	25.1	55.7	33.0	27.9	60.9	9.3%
"1000 à 2000m ² "	39.9	69.0	108.9	43.1	76.5	119.7	9.9%
"2000 à 5000m ² "	47.8	154.5	202.3	51.7	171.4	223.1	10.3%
"> 5000m ² "	58.9	679.4	738.3	63.7	753.6	817.3	10.7%

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 1000m²), 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

A partir du champ commun qu'est l'adresse, la relation est faite entre :

1. le fichier des parcelles renseigné des volumes d'eau potentiellement consommés pour les usages extérieurs et
2. le fichier des consommations fournis par VEOLIA et SAUR

A ce stade de l'étude, les données de consommations ne sont pas disponibles pour les communes couvertes par la Régie. Ceci concerne 865 parcelles, soit 23.9% de l'effectif. Enfin, du fait d'adresse ne correspondant pas parfaitement, 377 rejets sont observés, soit 10.4%. La relation est validée pour 2375 parcelles, soit 65.7% de l'effectif.

7.2. EVALUATION DES INCOHERENCES LIEES A LA PROBABILITE DE FORAGES OU DE MAISONS SECONDAIRES

L'une des premières incohérences visibles est liée aux très faibles niveaux de consommations sur certaines habitations. Les consommations peuvent être quasiment nulles sur de grandes parcelles, avec présence de piscine et de surfaces arrosées. La présence de forage, en l'absence d'un réseau d'eau brute, devient alors probable.

Une analyse visuelle a été faite sur l'ensemble des parcelles pour lesquelles la jointure est possible (2375 unités), en partant des hypothèses suivantes.

On aura une probabilité d'avoir des maisons secondaires :

- Si (1) consommation déclarée < à 30m³ et (2) usage extérieur nul
- Si (1) différence entre la consommation déclarée et les usages extérieurs < 30 m³, et (2) parcellaire < 1000m²

Ces hypothèses sont basées sur le fait qu'un ménage très économe va consommer annuellement un minimum de 30m³. Ces 30m³ seront soit le volume indiqué en consommation annuelle, soit le résultat de la différence entre le volume consommé et les usages extérieurs. Cette hypothèse sera plus forte qu'une présence de forage, du fait d'une taille de parcelles limitée.

On aura une probabilité de forages :

- Si (1) consommation déclarée $< 30\text{m}^3$ et (2) parcellaire $> 1000\text{m}^2$
- Si (1) différence entre la consommation déclarée et les usages extérieurs $< 30\text{m}^3$, et (2) usages extérieurs $> 100\text{m}^3$

Dès lors que la consommation est faible ($< 30\text{m}^3$) et le parcellaire est grand, on émettra une suspicion de forage. Cette hypothèse sera aussi valable pour une consommation ménagère (déclaré moins usages extérieurs) très faible, avec un usage extérieur fort, supérieur à 100m^3

Sur les 2375 parcelles, 176 présentent une suspicion de forage, alors que 306 sont probablement des résidences secondaires. La consommation moyenne en eau pour ces 176 résidences possiblement équipées de forage est de 64m^3 , contre 135m^3 pour les 1895 résidences probablement non équipées. Cette consommation se limite à 41m^3 pour les résidences qui sont probablement secondaires.



Figure 9: Exemple de suspicion de forage

L'exemple de la *Figure 9* est relativement explicite : la consommation déclarée est de 12m^3 , avec présence d'une piscine consommation estimée à 30m^3 , et des espaces verts (consommation estimée à 22m^3). On peut alors penser que cette propriété bénéficie d'un forage, en l'absence de raccord à un réseau d'eau brute.

Parcelles	Nom- bre	Piscines (nbre)	Piscine (%)	Forages (nbre)	Forages (%)	Maison secondaire (nbre)	Eau consommé (m3)	Eau extérieur (m3)
"<100m ² / sans cour"	2		0.0%		0.0%		23.5	
"<100m ² / avec cour"	5		0.0%		0.0%	1	165.2	0.2
"100 à 200m ² / village"	2		0.0%		0.0%		189.5	1.5
"100 à 200m ² / hors village"	152	13	8.6%		0.0%	30	92.8	4.3
"200 à 350m ² "	767	156	20.3%	1	0.1%	95	115.3	9.9
"350 à 500m ² "	728	267	36.7%	13	1.8%	108	118.0	21.4
"500 à 1000m ² "	496	285	57.5%	51	10.3%	68	128.2	41.3
"1000 à 2000m ² "	145	108	74.5%	59	40.7%	2	121.8	121.3
"2000 à 5000m ² "	68	48	70.6%	45	66.2%		123.2	242.8

Tableau 10 : Analyse des consommations selon les usages

Les résultats du *Tableau 10* sont bien évidemment en cohérence avec les hypothèses avancées. Les maisons secondaires correspondent plutôt à de l'habitat de taille moyenne (classes de résidences de 200 à 1000 m²), avec un équipement en piscine moyennement important (20 à 57%). En type très résidentiel (plus de 1000m²), il semble qu'il s'agisse plus d'habitat permanent.

C'est l'habitat très résidentiel, très équipé en piscines, et en espaces verts, qui semble bénéficier d'un équipement en forages important (41% des résidences de 1000 à 2000m² et 66% des résidences de 2000 à 5000m²). Ce constat est logique, l'investissement étant plus rapidement rentabilisé lorsque les usages extérieurs en eau sont importants (121m³ pour l'habitat de 1000 à 2000m² et 243m³ pour celui de 2000 à 5000m²).

8. Conclusion

L'objectif de cette étude vise à aider (1) à la gestion de la distribution d'eau d'une part, 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'usager 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 m³ 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 EAU/NRE
1039 rue de Pinville,
34000 - Montpellier
Tél. : 04 67 15 79 80