

**OBSERVATOIRE « HOMMES-MILIEUX »**  
Littoral méditerranéen



# Pay-Per-View3D

*Paysage, perception et vue 3D*

## Rapport d'étape

03/03/2015

Responsable scientifique

Marylise COTTET

UMR 5600 Environnement Ville Société, Université de Lyon, ENS de Lyon  
marylise.cottet@ens-lyon.fr

## Sommaire

Sommaire .....	2
Résumé succinct du projet .....	3
1. Informations générales concernant le projet.....	4
2. Contexte problématique .....	5
2.1. Objectif et hypothèses .....	6
3. Méthodologie .....	7
3.1. Terrains étudiés.....	7
3.1.1. Le Rhône dans le secteur de Péage de Roussillon.....	7
3.1.2. Marseille au niveau de la colline de Mourepiane .....	7
3.2. Démarche de traitement et d'analyse.....	7
3.2.1. Principes méthodologiques de production des simulations .....	7
3.2.2. L'enquête.....	16
4. Avancement de l'étude .....	18
4.1. Difficultés rencontrées .....	18
4.2. Bilan sur l'avancement du travail .....	19
4.2.1. La modélisation 3D .....	19
4.2.2. L'enquête.....	20
5. Annexes .....	21

## **Résumé succinct du projet**

L'évaluation de l'impact visuel potentiel d'un projet est une étape cruciale pour la prise de décision dans la planification environnementale, la conception et les efforts de gestion. Proposer de nouveaux outils et des méthodes transposables semble alors une clé pour améliorer les pratiques et les connaissances actuelles. Le présent projet se propose d'étudier la représentation tridimensionnelle au service des perceptions sociales de l'environnement. Il vise à définir les fondamentaux nécessaires à la construction de scènes 3D efficaces et pertinentes. Ces deux derniers adjectifs renvoient indirectement à la notion de « qualité ». Pour mener à bien cette étude, deux sites ont été choisis afin d'évaluer si le type d'espace représenté en 3D (milieu urbain ou milieu naturel) influe sur la modélisation 3D produite et sur sa perception - indépendamment des enjeux qui s'y rapportent.

Mots clés : paysage, simulation tridimensionnelle, perception.

## 1. INFORMATIONS GENERALES CONCERNANT LE PROJET

### Responsable(s) scientifique(s)

Marylise COTTET  
 UMR 5600 EVS, 18 rue Chevreul, 69007 LYON  
 04 37 37 63 48  
 marylise.cottet@ens-lyon.fr

Nom-Prénom	Fonctions et laboratoire	Spécialité
MICHEL Kristell	IGE ENSL – UMR 5600 EVS, Université de Lyon.	Géomatique / Télédétection
BERTRAND Mélanie	IR IRSTEA, UR ETNA, Centre de Grenoble	Gestion des données spatialisées, modélisation, et télédétection
ROBERT Samuel	CR CNRS - UMR 7300 ESPACE, Université Aix-Marseille	Paysages visibles, occupation des sols et planification de l'espace
MAIGNAN Maxime	CRIGE-PACA	Géomatique
COTTET Marylise	CR CNRS – UMR 5600 EVS, Université de Lyon, ENS de Lyon	Caractérisation des perceptions et des représentations environnementales

La mise en œuvre du projet a conduit à une réévaluation des besoins par rapport à ce qui avait été annoncé lors du montage du projet. En particulier, il s'est avéré que la collecte et la mise en forme des données représentaient une tâche de moindre importance que ce nous avions envisagé au départ. A l'inverse, nous avons sous-estimé le travail relatif à la modélisation 3D des scènes. Par conséquent, afin de rétablir ce déséquilibre, le consortium a quelque peu évolué : le BE (Bureau d'Etude) GeoPeka s'est retiré du projet. Le budget qui lui était consacré a permis d'embaucher en prestation Hervé Tronchère et Aurélie Sureau. Le premier, spécialisé en analyse spatiale et SIG, contribue à l'élaboration des simulations 3D. La seconde, géographe, apporte son soutien pour la passation de l'enquête.

### Temporalité

Date de début des travaux : février 2014

Date de fin des travaux pour la rédaction du rapport : juin 2016

Poursuite de l'étude en cours : Oui

Demande de soutien financier à l'OHM pour l'année 2014 : Oui

## 2. CONTEXTE PROBLEMATIQUE

Dans le cadre de la mise en place de politiques publiques environnementales, les gestionnaires sont de plus en plus sollicités pour anticiper et évaluer les effets de leurs actions. Proposer de nouveaux outils et des méthodes transposables semble alors être une clé pour améliorer les pratiques et les connaissances actuelles. L'évaluation de l'impact visuel potentiel d'un projet est une étape cruciale pour la prise de décision dans la planification environnementale, la conception et les efforts de gestion ; elle est d'autant plus essentielle qu'elle est exigée par la Loi sur *la protection et la mise en valeur des paysages et les dispositions législatives en matière d'enquêtes publiques* du 8 Janvier 1993. En estimant les réactions du public à un projet, des résultats indésirables (souvent coûteux) peuvent être évités. La simulation de paysage est une méthode susceptible d'accompagner les gestionnaires dans l'évaluation de leur action. Un large éventail de méthodes de simulation a déjà été développé et mis en œuvre. Il s'agit notamment des plans, des diagrammes, des croquis en perspective, des photos modifiées telles que les photo-montages, des maquettes ou encore des vues produites par infographie. Ce projet se propose d'étudier spécifiquement la représentation tridimensionnelle au service des perceptions sociales de l'environnement. Il s'agit donc d'un projet relevant des sciences de la nature et des sciences sociales, dont les aspects techniques et les développements envisagés relèvent principalement de l'ingénierie informatique et des sciences de l'information géographique.

Au cours de ces vingt dernières années, d'énormes progrès ont été faits pour faciliter la génération de paysages virtuels en trois dimensions. Qui plus est, la puissance exponentielle des ordinateurs, couplée à la création de logiciels de plus en plus complexes, permet de réaliser des produits toujours plus réalistes, tant du point de vue visuel que des simulations physiques.

Les développeurs et les principaux intéressés par ces technologies de modélisation et de rendu 3D sont, en premier lieu, l'industrie du divertissement (jeux vidéo, dessin-animé, cinéma, publicité), l'armée (simulateurs de vol) et les chercheurs qui sont notamment à l'origine de l'imagerie médicale (Sheppard, 2001). Les architectes, les paysagistes et les urbanistes font également régulièrement appel à la modélisation 3D dans le cadre de leurs projets (Lange, 1999). C'est plus récemment que les planificateurs du paysage et de l'environnement exploitent ces outils : les derniers développements dans le domaine de l'infographie ont considérablement étendu les possibilités de représentation des paysages et de l'information environnementale (Orland *et al.*, 2001). Pour les aménageurs et les urbanistes, les modèles numériques à trois dimensions permettent principalement de communiquer auprès de différents acteurs, de constituer un outil de participation citoyenne appelant au débat, d'évaluer les implications esthétiques et culturelles qui rentrent en jeu dans le cadre des projets et d'aider à une prise de décision. Ils constituent des supports visuels offrant la possibilité de s'immerger dans un contexte particulier.

S'il existe de nombreux travaux permettant d'évaluer l'intérêt de la 3D dans le cadre de futurs projets d'aménagement (Stock *et al.*, 2007 ; Bishop *et al.*, 2005) ou encore les défis et exigences auxquels les logiciels de simulation 3D doivent faire face dans le cadre de la planification paysagère et environnementale (Paar, 2005), peu concernent l'évaluation du rendu des modèles 3D, en fonction de l'usage attendu. Pourtant, c'est un fait avéré très tôt : les modèles numériques tridimensionnels, souvent plus complexes à mettre en œuvre que les modèles à deux dimensions, produisent des dessins plus précis et des perspectives plus réalistes. Dès les années 90, Danahy *et al.* (1988) et McCullough *et al.* (1990) présentent des applications réussies de simulations 3D et mettent ainsi en évidence l'avantage de pouvoir attribuer des couleurs et des textures réalistes à des objets simulés, rendant alors les simulations très crédibles. Depuis lors, d'autres études ou expérimentations ayant trait à la simulation 3D ont été développés ; elles traitent notamment : (1) du support 3D qu'il convient de favoriser : une image figée, une vidéo ou une vue interactive ? (Lim

*et al.*, 2006) ; (2) de l'importance du rôle des développeurs/infographistes qui définissent l'espace représenté ou l'échelle de représentation, le choix des couleurs, l'éclairage de la scène, le rendu des formes paysagères (exagération verticale, résolution et point de vue), la sélection des espèces arboricoles, les détails apportés à la scène vs. le degré de généralisation... Le choix de ces options techniques peut facilement altérer l'apparence et la compréhension d'un rendu paysager 3D (MacFarlane *et al.*, 2005) ; (3) du fait que les méthodes et les outils de représentation 3D concernent différents champs disciplinaires, incluant notamment l'ingénierie informatique, la psychologie, les sciences cognitives et les sciences de l'information géographique. Il est donc essentiel, tout au long du processus de création de scènes paysagères 3D, que des interactions existent entre ces différentes disciplines (MacFarlane *et al.*, 2005)

## 2.1. OBJECTIF ET HYPOTHESES

En lien avec ces précédents travaux et parce que cela n'a été que très rarement traité jusqu'à présent, la problématique du présent projet se fonde sur la question suivante : quelles sont les bonnes pratiques de construction des rendus 3D pour les rendre efficaces, celles-ci pouvant varier selon les utilisateurs et les usages qui en sont faits ? Le terme « efficace » qualifie la capacité d'un modèle 3D à répondre aux objectifs fixés à la fois par les modélisateurs qui gèrent principalement la partie technique (conception, création et réalisation de vues 3D) et ceux qui exploitent la simulation 3D dans un but précis, défini à la fois par le domaine d'application ou par le thème abordé et par la finalité du rendu 3D (ex : gestion d'un territoire au quotidien, compréhension d'un projet d'aménagement, concertation entre acteurs, aide à la prise de décision, etc.).

Cette question représente à elle seule un vaste champ de recherche. Notre projet s'inscrit dans ce large champ de questionnement et s'attache plus particulièrement à **évaluer dans quelle mesure la donnée utilisée pour la construction de la simulation paysagère (et notamment son réalisme) influence la perception que le public a de la scène, de même que la compréhension qu'il a du projet d'aménagement.**

L'hypothèse principale est la suivante. La compréhension d'un projet d'aménagement ne nécessite pas un de niveau de réalisme très élevé. Une représentation schématique de la scène suffit à expliciter la teneur d'un projet d'aménagement. En ce sens, **plutôt que de systématiquement s'orienter vers des représentations très réalistes, le choix d'utiliser des modalités de représentation des dynamiques paysagères moins réalistes et donc, moins coûteuses, pourrait être tout aussi efficace pour expliquer les enjeux du projet** et lancer les bases des discussions mises en œuvre dans le cadre des démarches de concertation. Néanmoins, **le niveau de réalisme pourrait avoir des conséquences, au-delà des objectifs de compréhension du projet, sur la perception des actions : en particulier, un degré de réalisme élevé pourrait se traduire par une meilleure perception des évolutions à venir et donc, par une meilleure réception du projet.**

## 3. METHODOLOGIE

### 3.1. TERRAINS ETUDIÉS

Deux sites d'étude ont été choisis afin d'évaluer si le type d'espace représenté en 3D (milieu urbain ou milieu naturel) influe sur la modélisation 3D produite et sur sa réception (perception et compréhension) – indépendamment des enjeux/thématiques qui sont abordés.

#### 3.1.1. Le Rhône dans le secteur de Péage de Roussillon

Le premier site est localisé à Péage-de-Roussillon, le long du Rhône. Ce secteur du fleuve a subi de nombreuses transformations depuis 200 ans. En effet, la mise en place des casiers Girardon au 19<sup>ème</sup> siècle et la mise en service en 1977 d'un ouvrage hydroélectrique ont engendré de nombreuses conséquences environnementales (modification des milieux d'intérêt écologique, droits et usages de l'eau, pollutions, disparition des marges alluviales). Afin de pallier cet artificialisation et à ses impacts écologiques, ce site fait aujourd'hui l'objet d'un projet de restauration. Ce dernier vise à supprimer certains casiers Girardon, par la destruction d'ouvrages artificiels, et à modifier la morphologie des bras morts afin de leur rendre un caractère aquatique (bras asséchés suite à l'artificialisation). Ces mesures, accompagnées d'une augmentation des débits réservés définis par l'administration des centrales hydro-électriques, visent à remettre en eau les marges alluviales du fleuve. Ce site présente l'avantage d'avoir déjà été beaucoup étudié notamment par l'OHM Vallée du Rhône ; ainsi, de nombreuses données spatialisées sont déjà disponibles.

#### 3.1.2. Marseille au niveau de la colline de Mourepiane

Le second site est situé dans le XVI<sup>ème</sup> arrondissement de Marseille. Il s'agit d'une partie de la ville concernée par la reconversion urbaine et subissant des pressions très fortes pour l'aménagement de l'espace à des fins résidentielles et récréatives. Les enjeux du développement local sont donc liés à la difficulté d'organiser un développement économique et social respectueux du milieu littoral. A l'extrémité nord des bassins Est du Grand port maritime, adossés à la chaîne de l'Estaque et ouvert sur la mer, ces quartiers connaissent depuis quelques années une désindustrialisation associée à une dynamique de modification sociologique de la population. Le site, qui est par ailleurs la cible de grands projets des collectivités locales en matière de développement touristique, fait actuellement l'objet de diverses études conduites dans le cadre de l'OHM Littoral Méditerranéen, en particulier le projet VIPLi-Med (Intégrer une connaissance de la Visibilité et des représentations du Paysage pour la gestion et la planification de l'espace en zone côtière. Analyse spatiale et approche socio-culturelle sur trois Littoraux MEDiterranéens).

### 3.2. DEMARCHE DE TRAITEMENT ET D'ANALYSE

Dans le cadre de ce travail, il s'agit :

- (1) de produire différentes simulations 3D représentant une évolution paysagère induite par un projet d'aménagement, selon différents niveaux de réalisme ;
- (2) d'évaluer, grâce à un travail d'enquête, la compréhension et la perception que le public a du projet à partir de ces différentes simulations.

#### 3.2.1. Principes méthodologiques de production des simulations

##### 3.2.1.1. Scénario d'évolution

Un scénario d'évolution a été défini pour chaque site étudié :

- Le Rhône à Péage-de-Roussillon

Conformément au projet en discussion sur ce secteur, un scénario de restauration écologique du fleuve a été défini. La simulation visera donc à représenter conjointement la suppression de certains casiers Girardon et l'augmentation du débit réservé dans le Vieux Rhône. Les impacts de cette remise en eau sur la forêt riveraine et la morphologie du Rhône (du chenal et de ses berges, et de sa position dans la plaine alluviale) seront également figurés.

A cette fin, un temps d'échange s'est organisé entre les modélisatrices, la responsable scientifique du projet et un expert en hydrogéomorphologie fluviale, chercheur au CNRS : H. Piégay. L'idée était de pouvoir valider le choix du site retenu (présentant des enjeux environnementaux et les caractéristiques d'un milieu à restaurer) et d'aider les modélisatrices à concevoir un scénario d'évolution du site probable d'un point de vue morphologique (changement au niveau des espèces végétales en présence, changement de la morphologie du chenal et des bancs sédimentaires...), notamment suite à l'augmentation du débit réservé.

- La colline de Mourepiane à Marseille

Dans ce secteur, c'est un scénario d'urbanisation littorale qui a été retenu. La simulation visera donc à représenter (1) une extension du bâti sur le modèle du lotissement (modèle d'urbanisation actuellement mis en œuvre sur la colline) et des infrastructures de transport nécessaires à ce développement urbain ; (2) un morcellement des espaces végétalisés (secteurs boisés et/ou en friche) situés sur ce territoire.

Afin de réaliser concrètement le modèle prospectif, le modélisateur s'appuyera sur les documents d'urbanisme en vigueur (PLU) et sur les différents documents présentant les projets d'urbanisme tels qu'ils sont connus à ce jour (collectif laisse béton, 2012).

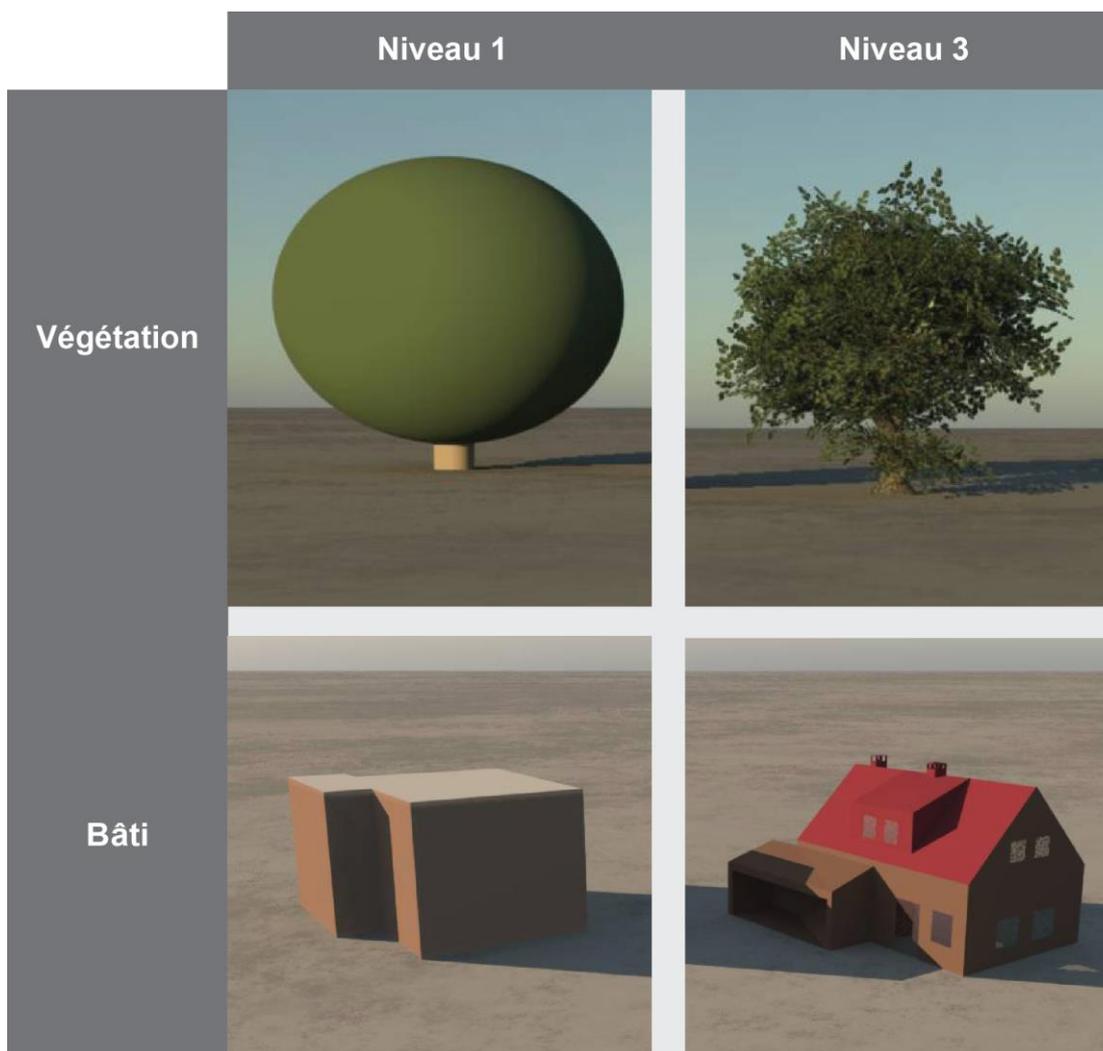
### **3.2.1.2. Définition des niveaux de réalisme et choix des données**

Dans ce projet, le réalisme est défini avant tout par la capacité à transcrire les caractéristiques physiques de la scène. Ces caractéristiques physiques peuvent être objectivées à partir de différents jeux de données, qu'ils soient issus de la captation (photographie aérienne, LiDAR), de l'inventaire biologique (espèces présentes sur le site) ou simplement de l'observation (présence de certains objets...). La création des simulations 3D repose donc avant tout sur ces jeux de données et sur la manière dont ils sont choisis.

Afin de suivre un mode opératoire cohérent et normalisé sur les deux sites d'étude, un schéma d'élaboration des scènes a été défini. Il consiste à considérer de manière analytique les différents objets composant les environnements simulés : la topographie, la végétation, le bâti et les infrastructures de transport. Pour chacune de ces quatre grandes familles d'objets, des modalités de représentation sont définies selon des niveaux de réalisme croissants. Ces règles de création sont synthétisées dans le tableau suivant.

	Topo	Végétation	Bâti	Infrastructures routières
<b>Niveau 1</b>	<a href="#">BD Alti</a> (IGN) Résolution au sol : 25 m	Mode « figuratif » : on distingue les niveaux arbustifs des niveaux herbacés : les premiers sont symbolisés par une forme géométrique et les seconds par un aplat vert.	Seules les façades sont représentées (figuration à l'aide de « blocs »)	Aplat gris
<b>Niveau 2</b>	MNT LiDAR (issu de la <a href="#">BDT Rhône</a> produite par l'IGN, la CNR, VNF et le Symadrem, le syndicat de la Camargue guardoise, le syndicat du Vidroule)  Résolution au sol : 2 m	Mode « espèces » : la forme géométrique de l'arbre figure la silhouette et la couleur de l'espèce représentée	Les façades et les toits sont représentés (couleurs réelles)	Aplat gris + ligne médiane
<b>Niveau 3</b>	MNT LiDAR	Mode « texturé » : les arbres ont une géométrie réaliste et sont texturés	Maisons texturées : on ajoute des détails de décor pour les maisons situées au premier plan	Aplât gris + voitures + mobilier urbain
<b>Niveau 4</b>	Idem mais avec rendu ombres et lumières			

Tableau de synthèse des 4 niveaux de réalisme et des types de données utilisés



Exemple de représentation 3D des objets «végétation» et «bâti» selon plusieurs niveaux de réalisme

### 3.2.1.3. La création des scènes : mode opératoire

#### Choix du logiciel 3D :

Idéalement, nous souhaitons exploiter une solution Open-Source afin de faciliter les échanges de données et de compétences entre les différentes personnes intervenant dans la modélisation des vues tridimensionnelles pour ce projet multi-sites. Notre choix s'est donc porté sur [Blender](#). L'avantage de cette solution, qui dispose par ailleurs d'une communauté active, est qu'elle est capable d'intégrer des données de différentes sources, dont les données à référence spatiale. De nombreux tutoriels devaient nous permettre de nous former sur cette application dans les meilleures conditions. Mais très vite, le temps limité pour développer ce projet issu de l'AAP 2013 de l'OHMLM, nous a fait préférer une solution clé en main, plus facile d'accès : il s'agit du logiciel Vue ([e-on software](#)). Ce logiciel dispose d'un module spécial d'édition de la végétation. Cette solution ne gère pas directement la donnée SIG. Blender a donc dû être conservé pour faire le lien entre les données spatialisées d'origine et les données 3D lisibles par e-on. Le logiciel Blender a également été conservé afin de construire les objets paysagers d'origine anthropique, comme le bâti et le mobilier urbain (caténaires, feux de signalisation, etc).

Choix des scènes :

- La scène de Péage-de-Roussillon : suite à une campagne aérienne réalisée le 15 Juillet 2013 et en lien avec le mémoire de M2 de fin d'étude de P. Modrak (*Spatio-temporal characterization of riparian habitats on an embanked and by-passed Rhône river reach*, 2013), deux grands sites d'étude potentiels ont pu être identifiés aux environs de Péage-de-Roussillon (l'un situé au niveau de la Réserve de la Platière, l'autre sur la berge rive droite, au lieu-dit le Marlet). C'est finalement ce second site qui a été retenu en lien avec sa facilité d'accès, sa configuration et ses futurs possibles.



**Le site de Péage-de-Roussillon**  
**Prise de vue aérienne du 15/07/2013**  
**Auteur : H. Piégay**

- La scène de Mourepiane : le quartier de Mourepiane présente de forts enjeux d'aménagement et de développement qui ont conduit à la production de nombreux documents (et notamment, collectif laisse béton, 2012). Celles-ci pointent les problématiques d'aménagement de ce site, et nous ont permis d'identifier les éléments paysagers d'intérêt que nous souhaitons représenter sur les différentes vues 3D (les éboulements, la zone industrielle portuaire, les lotissements, les espaces plus naturels). Plus que le site d'étude, c'est le point de vue de l'observateur qui a posé question. Il s'agissait en effet de pouvoir représenter ces différents éléments sur la même scène. Ci-dessous, le point de vue qui a finalement été retenu :



Le site de Mourepiane  
Photo réalisée le 10/05/2014  
Auteur : M. Maignan

### Protocole de modélisation

Le même protocole a été autant que possible appliqué pour la modélisation des deux sites. Selon la complexité de la scène et le niveau de maîtrise des outils de modélisation par certains opérateurs, ainsi que du personnel disponible sur chacun des sites du projet, certaines étapes ont pu être évitées ou allégées.

#### a. Recueil de données terrain :

- Le site de Péage-de-Roussillon :

Le 3 Septembre 2014, deux opératrices sont allées repérer le site et faire des relevés de « végétation » afin de définir les espèces en présence.

NOM LATIN	NOM FRANÇAIS
<i>Populus nigra</i>	Peuplier noir
<i>Populus nigra</i>	Peuplier noir arbustif
<i>Acer negundo</i>	Erable à feuilles de frêne
<i>Salix alba</i>	Saule blanc
<i>Rhamnus alaternus</i>	Nerprun alaterne
<i>Fraxinus excelsior</i>	Frêne commun
<i>Populus nigra var. italica</i>	Peuplier d'Italie
<i>Prunus avium</i>	Cerisier
<i>Abies alba</i>	Sapins
<i>Salix fragilis</i>	Saules fragiles (buissonnants)
<i>Thuja occidentalis</i>	Thuyas
<i>Populus alba</i>	Peuplier blanc
<i>Salix viminalis</i>	Saule des vanniers
<i>Alnus glutinosa</i>	Aulne glutineux
<i>Fallopia japonica</i>	Renouée du Japon
<i>Rubus fruticosus</i>	Roncier

<i>Cornus sanguinea</i>	cornouiller sanguin
<i>Aesculus hippocastanum</i>	marronnier
<i>Juglans regia</i>	Noyer commun
<i>Phragmites communis</i>	Roseau des marais ou roseau commun
<i>Salix purpurea</i>	Saule pourpre
<i>Salix nigra</i>	Saule noir
<i>Cephalanthus occidentalis</i>	Céphalante occidental
<i>Luziola fluitans</i>	Herbe d'eau douce
<i>Equisetum arvense</i>	Prêle des champs
<i>Vitis vinifera</i>	Vignes
<i>thérophytes</i>	Herbacées de prairie commune

Liste des espèces présentes sur le site de Péage-de-Roussillon

Sur les espaces en marge du site d'intérêt et qui intègrent notamment les espaces agricoles, les jardins et le bâti individuel, ainsi que le massif forestier présent à droite de notre panoramique, aucun relevé n'a été effectué. Les espèces en présence sont définies en lien avec les bases de données mises à notre disposition (BD ORTHO, RPG, BD Forêt...) et les accès à l'imagerie, à différentes dates, offerts par différentes plateformes telles que le Géoportail de l'IGN ou encore Google Earth. Aussi, si la forme et la structure sont respectées sur les rendus 3D et s'il est possible de définir les espèces majoritairement présentes, la diversité réelle n'est pas connue et donc non listée dans le tableau ci-dessus.

- Le site de Mourepiane :

Le 10 mai 2014, un opérateur est allé repérer le site et faire des relevés de végétation afin de définir les espèces en présence.

Nom latin	Nom français	Station	H_obs_cm
<i>Spartium junceum</i>	Genêt d'Espagne	POSA	150
<i>Avena Fatua</i>	Fol avoine	POSA	100
<i>Bituminaria (Psoralea) Bituminosa</i>	Trèfle bitumineux	POSA	30
<i>Centaurea jacea</i>	Centauree jaccée	POSA	20
<i>Reichardia picroides</i>	Reichardie faux picris	POSA	50
<i>Pallenis spinosa</i>	Pallénis épineux	POSA	70
<i>Bromus / Brachypodium</i>	Brome / Brachypode	POSA	110
<i>Dittrichia viscosa</i>	Inule visqueuse	DRZA	135
<i>Medicago sativa</i>	Luzerne cultivée	DRZA	40
<i>Arundo donax</i>	Canne de provence	DRZA	200
<i>Atriplex halimus</i>	Arroche maritime	DRZA	180
<i>Brachypodium phoenicoides</i>	Brachypode de Phénicie	DRZA	100
<i>Malva sylvestris</i>	Mauve sylvestre	DRZA	40
<i>Phytolacca americana</i>	Phytolaque	DRZA	10
<i>Biscutella laevigata</i>	Lunetière	DRZA	50
<i>Plantago lanceolata</i>	Plantain lancéolé	DRZA	20
<i>Astragalus</i>	Astragale	DRZA	20
<i>Lavatera cretica</i>	Lavatère	DRZA	50
<i>Cupressus macrocarpa</i>	Cyprès	DRZA	300
<i>Pinus pinaster</i>	Pin maritime	DRZA	250
<i>Ecballium elaterium</i>	Ecbalie élatère, cornichon d'âne	DRZA	15
<i>Astragalus</i>	Astragale	DRZA	20

<i>Reichardia picroides</i>	<i>Reichardie faux picris</i>	DRZA	50
<i>Scolymus hispanicus</i>	Scolyme d'Espagne	DRZA	150
<i>Ampelodesmus mauritanicus</i>	<i>Dys</i>	DRZA	120
<i>Nerium oleander</i>	Laurier rose	LOSA	160
<i>Populus alba</i>	Peuplier blanc	LOSA	30
<i>Ficus carica</i>	Figuier	LOSA	200
<i>Foeniculum vulgare</i>	Fenouil	LOSA	150
<i>Amnophila arenaria</i>	<i>Oyat</i>	LOSA	20
<i>Buxus sempervirens</i>	Buis	REGA	
<i>Cornus sanguinea</i>	<i>Cornouiller sanguinea</i>	REGA	180
<i>Fraxinus ornus</i>	<i>Frêne-orne</i>	REGA	200
<i>Robinia pseudoacacia</i>	Robinier faux-acacia	REGA	
<i>Quercus ilex</i>	Chêne vert	REGA	250
<i>Quercus coccifera</i>	Chêne kermès	REGA	
<i>Pinus halepensis ou pinea</i>	<i>Pin d'Alep ou parasol</i>	REGA	15
<i>Pinus pinaster</i>	Pin maritime	REGA	15
<i>Atriplex halimus</i>	Arroche maritime	SAUM	170
<i>Scolymus hispanicus</i>	Scolyme d'Espagne	SAUM	150
<i>Nicotiana glauca</i>	Tabac glauque	SAUM	250

Liste des espèces présentes sur le site de Mourepiane

#### b. Préparation des données en vue de la modélisation 3D

Pour modéliser les scènes, les opérateurs ont décidé de débiter par la modélisation de *niveau 3*, la plus réaliste.

##### Les données topographiques

###### - Le site de Péage-de-Roussillon

Le MNT issu de la BDT Rhône a été retravaillé pour faire figurer une augmentation du niveau d'eau, côté Vieux Rhône et côté lône, et une modification de la morphologie du chenal, consécutive à un potentiel démantèlement d'ouvrages Girardon. Ceci a conduit à la création d'un banc de galets en aval des casiers Girardon supprimés, suite à la réactivation du transfert sédimentaire des dépôts situés dans ces casiers démantelés, et aux dépôts dans la partie du chenal présentant le moins d'énergie (la rive gauche dans ce cas). Cette étape passée, il a fallu introduire, dans le projet e-on, les couches d'informations créées sous SIG (points et polygones localisant des arbres, arbustes, le bâti, etc..). Pour y parvenir, dans la mesure où e-on ne gère pas les données spatiales, des astuces de recalage de la donnée ont dû être mises en place pour que les opérateurs puissent travailler sur le même projet, dans le même temps.

###### - Le site de Mourepiane

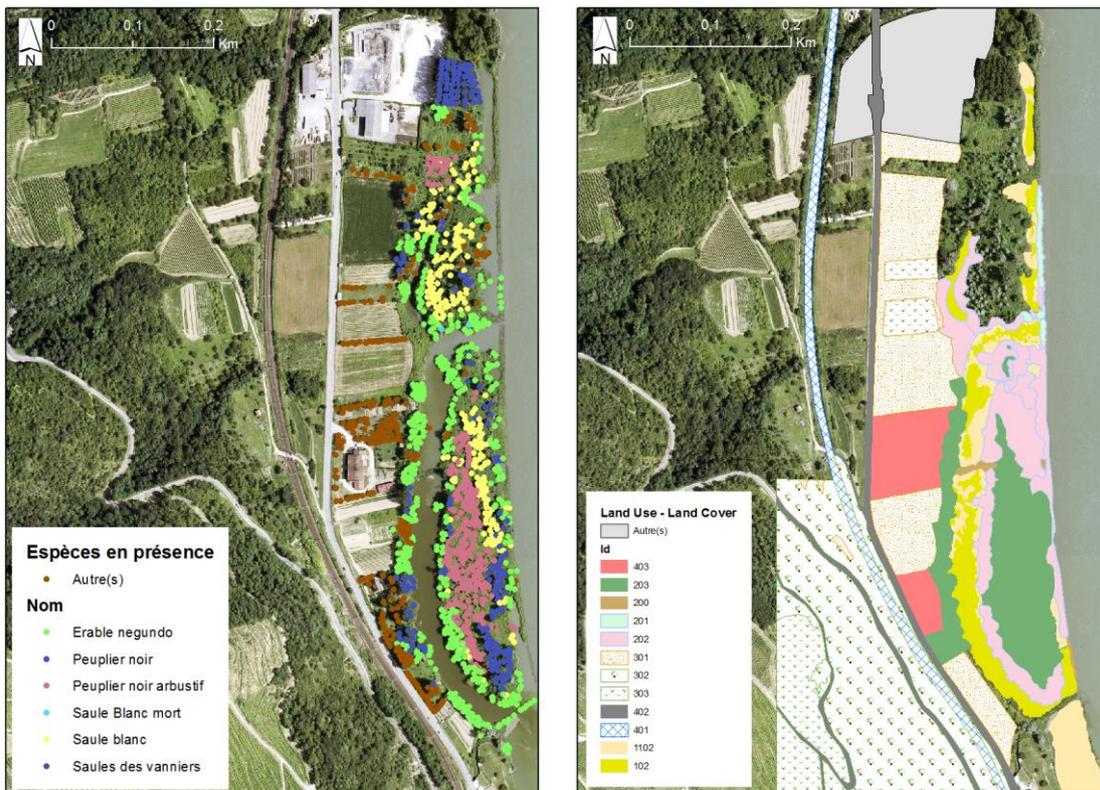
La solution retenue a été l'export direct depuis ArcScene de la topographie au format VRML, « nettoyée » par la suite sous Rhino3D. Cette manipulation a été rendue nécessaire par l'incompatibilité de E-on Vue avec les rasters monocanaux encodés en 32 bits (permettant plus de 4 millions de valeurs, ici d'altitudes). E-on Vue est limité dans son outil de création de topographie à des rasters 8 bits (soit 256 niveaux d'altitude), ce qui est insuffisant pour représenter le détail de la topographie acquise par le LIDAR sur la zone qui nous intéresse (cette dernière présente un dénivelé maximal d'environ 160m, ce qui se traduirait en se limitant aux outils de Vue par une résolution verticale de seulement  $256/160=0,625$  m).

### Les données de végétation

A partir des inventaires réalisés, l'achat de modèles de végétation 3D a été effectué sur différents sites marchands. Les écosystèmes ont ensuite été créés.

#### - Le site de Péage-de-Roussillon

Les relevés de végétation effectués ont permis, couplés à des données terrain collectées par ailleurs, de réaliser une cartographie du site sous SIG à l'échelle du 1/25 000ème, en se calant sur la BD ORTHO de l'IGN. Chaque espèce végétale arborée, chaque surface agricole, et finalement chaque élément paysager, ont été positionnés spatialement par rapport à l'emprise du terrain d'étude. Chacun de ces éléments fait donc l'objet d'une couche d'information qui est par la suite intégrée dans le logiciel e-on (cf figure ci-dessous). Cette couche a ensuite été utilisée pour implanter les objets 3D à leur emplacement réel.



**Couche d'information réalisée sous SIG pour renseigner l'implantation spatiale de la végétation sur le site de Péage-de-Roussillon**  
(Légende : 102. Lône - 1102. Lône avec présence d'une végétation algale - 200. Dominante de sol nu (avec présence ponctuelle d'érable, de saule et de jonc) - 201. Sol nu avec présence d'érable negundo, de saule pourpre et de quelques espaces enherbés - 202. Dominante d'érable negundo avec présence de néprun, de renouée du Japon et de ronciers - 203. Dominante de peuplier Noir - 301. Surfaces agricoles (maïs, blé...) ou jardins - 302. Surfaces forestières - 303. Vignes - 401. Voie ferrée - 402. Routes - 403. Surfaces résidentielles - 404. (ou Autre(s)) Déchetterie).

#### - Le site de Mourepiane

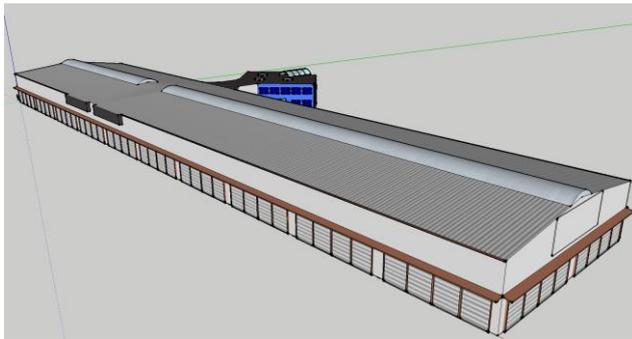
Certaines plantes (herbacés notamment) non disponibles à l'achat au format Solidgrowth ont dû être réalisées en modifiant des espèces existantes à l'aide de l'éditeur de végétation intégré à Vue.

### Les objets complexes

Ces derniers recouvrent notamment les routes et le bâti. Ces objets étant très spécifiques aux scènes étudiées, il est impossible d'utiliser des objets génériques. Un travail de modélisation a dû être entrepris.

- Le site de Péage-de-Roussillon : le logiciel Blender a été utilisé.

- Le site de Mourepiane : La plupart des bâtiments ont été modélisés sur le logiciel Sketchup, certaines textures restent à achever. La principale difficulté rencontrée sur ce site est son emprise spatiale importante (156 hectares doivent être modélisés de manière détaillée) et le nombre de structures anthropiques : plus de soixante bâtiments (une partie du bâti étant heureusement composée de lotissements préfabriqués identiques situés en arrière-plan, ce qui compense en partie le temps nécessaire à la modélisation des bâtiments industriels complexes du premier plan), voirie (seules la route au premier plan sera a priori représentée), véhicules... Des modèles préfabriqués de mobilier urbain (barrières, éclairages...) et de véhicules seront utilisés pour habiller la scène de niveau 3 (notamment pour la zone industrielle au premier plan de la photo) afin de ne pas rallonger de manière disproportionnée le temps de travail.



Exemple d'objets complexes modélisés sur le site de Mourepiane

### 3.2.2. L'enquête

#### 3.2.2.1. Type d'enquête : un photo-questionnaire par internet

L'évaluation des simulations sera effectuée à l'aide d'une enquête par photo-questionnaires. Dans ce type d'enquête, il est demandé aux participants de réagir aux scènes qui leur sont présentées à partir de photographies, de vidéos, de simulations... Ces réactions sont recueillies à l'aide d'un questionnaire constitué d'échelles d'évaluation, de questions fermées et/ ou de questions ouvertes.

Habituellement, ce type d'enquête est utilisé dans le cadre d'une approche psycho-physique et vise à comprendre dans quelle mesure la composition d'un paysage influence les perceptions (le support ne sert que de médiation paysagère). Mais ce type d'enquête se prête tout aussi bien à l'évaluation de l'efficacité d'une simulation paysagère. Telle est l'optique que nous poursuivons ici dans le cadre de ce projet.

Cette enquête sera menée par internet. Le recueil des données par Internet présente en effet de nombreux avantages. Reips (2002) s'est appliqué à les lister. En particulier, l'usage d'Internet favorise un meilleur accès aux populations cibles, facilite l'obtention d'effectifs de répondants

pertinents pour la fiabilité des traitements statistiques, limite les contraintes organisationnelles et matérielles pour le recueil des réponses, engendre un gain de temps et d'argent, permettant notamment une saisie automatique des données dans la base, et réduit l'influence de l'expérimentateur. A cela, s'ajoute une plus grande souplesse dans la structuration du questionnaire (présentation aléatoire des questions et/ ou des photographies pour éviter les effets d'ordre) et un apport d'informations inaccessibles dans le cadre des enquêtes traditionnelles (temps de réponse par exemple). Malgré tout, la conception d'une enquête vouée à être publiée en ligne suppose de porter une attention spécifique à de nombreux paramètres techniques. L'équivalence des conditions de visualisation est une condition importante pour obtenir des résultats valides (Wherrett, 1999). Le type de format graphique, la résolution des couleurs, la résolution des pixels, la taille de l'écran sont autant de paramètres techniques dont il convient de comprendre l'influence sur les perceptions. Si les travaux de Wherrett (1999) montrent que les questions techniques sont problématiques, il semblerait que ces contraintes soient moins prégnantes aujourd'hui (Roth, 2006). Les ordinateurs étant plus puissants, leur configuration est généralement suffisante pour la visualisation d'enquêtes dites « standard » (Reips, 2002). Plusieurs études ont ainsi montré que la soumission de photo-questionnaires à partir d'Internet était valide : les réponses exprimées en ligne et sur papier ne sont pas significativement différentes (Bishop, 1997 ; Wherrett, 1999 ; Roth, 2006).

### **3.2.2.2. Protocole expérimental**

Au terme du travail de création 3D, quatre simulations – représentant quatre niveaux croissants de réalisme – seront produites sur chacun des sites d'étude. Afin d'évaluer l'impact de ce niveau de réalisme en termes de perception et de compréhension du projet, quatre groupes expérimentaux d'individus seront constitués.

Chacun de ces quatre groupes visualisera deux duos de scènes :

- Un premier duo représentant la photographie actuelle du fleuve Rhône et l'une des quatre simulations relatives à ce site
- Un second duo représentant la photographie actuelle de la colline de Mourepiane et l'une des quatre simulations relatives à ce site

Suite à la visualisation d'un duo, il sera demandé aux participants des quatre groupes de réagir :

- en expliquant ce qu'ils ont compris de la scène et des évolutions à venir,
- en donnant leur jugement sur les évolutions à venir : sont-elles favorables ou défavorables et pour quelles raisons ?

Ces réponses seront apportées à l'aide de questions ouvertes et d'échelles visuelles analogiques.

### **3.2.2.3. Traitement des données**

Les données recueillies dans le cadre du questionnaire seront traitées par analyse statistique. L'impact du niveau de réalisme sur les réponses des personnes interrogées (perception et compréhension des scénarii) sera en particulier mis en évidence à l'aide de comparaisons inter-groupes.

Les réponses aux questions ouvertes feront l'objet d'un traitement spécifique, par analyse statistique textuelle. Ce type d'analyse met en œuvre une analytique quantitative des termes employés dans les réponses et s'appuie pour cela sur des mesures de fréquence et de co-fréquence. Ces données feront elles-aussi l'objet de traitements statistiques qui permettront de mettre en évidence une éventuelle différence inter-groupes.

#### 3.2.2.4. Population expérimentale

La population expérimentale sera constituée d'un public large. Notre objectif est d'interroger des personnes qui n'ont pas créé de familiarité particulière avec les sites étudiés. Il s'agit en effet d'éviter les biais liés à la connaissance ou à l'affection portée aux paysages. La population expérimentale sera caractérisée, dans le cadre de l'enquête, par ses caractéristiques sociologiques (genre, âge, profession...).

Pour que le protocole expérimental soit valide, il est important de déterminer le nombre d'individus nécessaire à la composition des groupes expérimentaux de répondants pour que les résultats obtenus soient fiables. Plus précisément, il est nécessaire de s'assurer que la variabilité inter-individuelle du groupe est gommée par la variabilité inter-groupes. Selon Daniel (1976), 20 à 30 personnes suffisent pour étudier les évaluations relatives à la beauté scénique d'un environnement. Ce chiffre concorde avec les observations réalisées par Stamps (1992) dans son article visant à déterminer à partir de quel effectif un groupe expérimental est valable pour les études de préférences environnementales. Ce dernier a en effet réalisé des analyses de bootstrap afin de comparer les corrélations inter-groupes d'échantillons de différentes tailles. Un groupe de 25 à 30 personnes suffirait selon lui à minimiser l'erreur (corrélations de 0,90 minimum entre les groupes formés par l'analyse de bootstrap). Ce chiffre serait même surévalué dans le cas d'une population étudiante, dont les caractéristiques sont relativement homogènes. En effet, selon Schroeder (1984), de très petits groupes (9 à 15 étudiants) suffiraient à obtenir des niveaux de corrélations équivalents. Dans la suite de ce travail de recherche, afin d'être sûr que les résultats obtenus soient robustes, le choix a été fait de se fier aux évaluations les plus pessimistes en matière de taille d'échantillon, soit une trentaine de personnes minimum.

## 4. AVANCEMENT DE L'ETUDE

Les douze derniers mois ont permis de définir précisément la méthodologie qui sera suivie dans le cadre du projet. Ces éléments sont présentés dans la partie précédente.

Par ailleurs, le travail s'est principalement focalisé sur la création des simulations 3D.

### 4.1. DIFFICULTES RENCONTREES

E-on est un logiciel facile d'usage *a priori*. L'interface est simple et permet une prise en main rapide des fonctions de base, permettant l'ajout d'objets sur la scène ou le déplacement dans toutes les directions. La création de vues est facilitée par des fonctions de peuplement d'écosystèmes dont on peut choisir les différentes espèces représentées, leur proportion, leur taille, etc. La principale difficulté que nous avons d'abord rencontrée est le fait que nous avons comme objectif de réaliser des vues réalistes, sur lesquelles la position des objets (arbres, maisons, routes) est précisément définie. Le principal inconvénient de e-on est de ne pas gérer la donnée spatiale. C'est-à-dire que la position des objets est relative au socle (l'emprise du terrain) et non à un référentiel absolu dans lequel nous pourrions localiser les objets (comme c'est le cas dans les outils géomatiques, ou dans le logiciel Blender). Cette non-gestion complexifie le passage des données issues de nos outils géomatiques vers cette application 3D. Nous avons dû, comme cela a été dit précédemment, trouver des astuces afin de pouvoir superposer les couches d'information spatialisées.

Par ailleurs, l'UMR 5600 disposait d'une licence achetée il y a quelques années. Or, l'un des modélisateurs a travaillé avec une version actuelle. Ceci a gêné les échanges de données ou le travail en parallèle sur un même projet. Au final, un *upgrade* de version a été nécessaire pour finaliser une des modélisations dans les meilleurs délais.

Selon les formats des objets de végétation achetés, il s'avère plus ou moins complexe de modifier la structure, la forme, la taille, ou la couleur des objets. Les formats \*.VEG sont des formats d'objets de végétation faciles à implanter sur une scène 3D dans e-on. Certains traitements simples sont aisés à opérer sur ces objets (taille, largeur, densité de branches...). En revanche, il est impossible d'aller plus loin. A l'inverse, les objets vendus au format \*.OBJ ne sont pas modifiables simplement (selon les quelques *presets* énoncés précédemment), mais on peut les remodifier complètement, si besoin, pour une introduction plus aisées dans les différents niveaux de modélisation définis. Depuis peu, il existe une nouvelle application distribuée par e-on également et appelée « Plant Factory », qu'il aurait été souhaitable de tester dans le cadre de ce projet et qui offre toutes ces possibilités de retravailler l'objet, tout en aidant à la modélisation des objets complexes comme peut l'être la végétation et notamment les arbres.

L'autre inconvénient, déjà mentionné précédemment, est que la création d'objets complexes n'est pas possible. Ce logiciel ne permet pas la création d'objets plus complexe que des cubes, sphères, ou toute autre primitive simple. Ceci implique que les modélisateurs ont dû également se former à la prise en main du logiciel Blender, nettement moins intuitive. Ce logiciel a permis de créer des objets tels que les différents éléments du bâti, auxquels nous avons ainsi pu ajouter des toitures pentues, des fenêtres, etc. Encore une fois, la question du choix d'un format compatible entre les logiciels géomatiques (permettant de définir l'emprise au sol du bâti), le logiciel Blender (permettant l'extrusion et la définition des éléments complexes mentionnés plus tôt) et le logiciel e-on (permettant la construction des vues 3D) a posé des problèmes. C'est finalement le format collada qui a permis la compatibilité entre toutes ces solutions, mais là-encore, nous avons dû utiliser des astuces pour que les couches d'informations spatialisées se positionnent bien les unes par rapport aux autres, et pour que les objets soient figurés aux bonnes dimensions.

Une autre difficulté rencontrée est la création de textures réalistes. Le logiciel e-on propose un panel d'options pour la création des textures qu'il est difficile de s'approprier.

Enfin, il faut signaler que le moteur 3D dans e-on est fortement dépendant des capacités de la machine. Ce qui rend parfois long l'affichage du rendu.

## **4.2. BILAN SUR L'AVANCEMENT DU TRAVAIL**

### **4.2.1. La modélisation 3D**

A la date de rédaction de ce rapport, les niveaux de modélisation 1, 2 et 3bis ont été définis, mais non encore réalisés.

#### **Les niveaux de réalisme 1 et 2**

Les objets de forme simple représentant la végétation et le bâti pour les niveaux 1 et 2 ont été créés, mais n'ont pas encore été assemblés dans la même vue. Un ingénieur a été recruté pour aider à la création de ces niveaux. Son travail va se concentrer sur l'intégration de ces éléments dans les vues de niveaux 1 et 2 à partir des bases d'objets déjà créés : il devra gérer leur positionnement (couches d'informations spatialisées).

#### **Le niveau 3 de réalisme**

Les efforts des modélisateurs se sont concentrés sur le niveau 3.

- Il reste à ce jour, pour le site de Péage-de-Roussillon, de nombreux éléments paysagers à intégrer dans la vue, même si la majorité des espèces végétales ont pu être positionnées. Il reste également des éléments du bâti à intégrer, et à texturer de manière réaliste.

- Pour le site de Mourepiane, la topographie a été réalisée. La plupart des bâtiments du niveau 3 ont été modélisés certaines textures restent à achever. Les écosystèmes ont été réalisés.

Dans les deux cas, l'étape suivante consistera à importer l'ensemble des éléments dans lancer des tests de rendus. La taille des scènes entraînera très probablement des temps de calcul très longs (plusieurs heures). Les scènes devraient être finalisées pour la fin du mois de mai.

#### **4.2.2. L'enquête**

Le questionnaire est en cours de construction.

Un inventaire des outils dédiés à la soumission des enquêtes via internet a été réalisé Les avantages et inconvénients de chacun d'entre eux ont été recherchés. Le résultat de ce travail figure en annexe.

## 5. ANNEXES

### Les outils pour réaliser un questionnaire en ligne

#### Google docs/drive/form

**Description :** C'est un service de stockage et de partage de fichiers. <http://www.memoclic.com/1335-google-documents/7111-google-docs-formulaires-sondages-igoogle-enquete.html>

**Avantage :** Il suffit de créer un compte, adresse mail et mot de passe pour avoir accès aux fonctionnalités de google drive. On peut insérer des questions ouvertes. Les sondages réalisés par le biais de google docs sont de loin les plus rapide à créer.

- Sûrement le plus simple d'utilisation
- Pour les personnes qui utilisent iGoogle, il est possible de savoir en temps réel le nombre de personnes qui ont participé au questionnaire
- Aucune limite au nombre de questionnaires et au nombre de répondants
- Très intuitif, idéal pour les novices/débutants
- Données sont exportables au format Excel
- Croisement des données afin d'obtenir des schémas

#### Inconvénients :

- Assez long à faire. Au-delà d'une ou deux questions, mieux vaut choisir d'autres logiciels. Incertitudes quant à la possibilité d'insérer des images ou vidéos.
- La mise en page des questionnaires n'est que très peu personnalisable

#### Lime Survey

**Description :** Il s'agit d'un logiciel libre de sondage en ligne pour la création de formulaires et d'enquêtes. Il est considéré comme le grand frère de google form. C'est une application internet à installer, et une fois installée, l'utilisateur peut gérer Lime Survey à partir d'une interface web. Voici le site web pour trouver toutes les fonctionnalités de Limesurvey : <https://www.limesurvey.org/fr/le-projet/fonctionnalites>

#### Avantage :

- Le questionnaire est hébergé sur le serveur de l'utilisateur (sécurité des données)
- La licence du logiciel est gratuite
- Nombre illimité de questionnaires
- 20 types de questions différentes

- Exportation des données sous de nombreux formats (CSV, PDF, SPSS, R, queXML et MS Excel)
- De manière générale, plus de possibilités et d'options que google form
- Possibilité pour un participant d'enregistrer ses réponses pour continuer le questionnaire plus tard
- Questionnaires multilingues
- Peut utiliser un éditeur de texte complet pour rédiger les question et messages et intégrer images et vidéos

**Inconvénients :**

- Doit être installé sur un serveur
- Ergonomie demandant un temps de prise en main

**Jotform**

**Description :** C'est un formulaire gratuit pour site web. Outil permettant de réaliser des questionnaires en ligne et quasiment intégralement traduit en français. Une petite démonstration en vidéo de l'outil : <http://vimeo.com/13669519>

**Avantage :**

- 12 formulaires pré paramétrés
- Permet jusqu'à 100 requêtes par mois
- Possibilité d'afficher tout le code source du formulaire et d'effectuer des modifications
- Très intuitif, idéal pour les novices/débutants
- Qualités de graphiques inégalées

**Inconvénients :**

J'en ai pas trouvé mais je pense que c'est parce qu'il est moins utilisé, et par contre ce n'est pas toujours traduit en français

**SurveyMonkey**

**Description :** Logiciel gratuit de sondage en ligne. Voici le site web pour le mode d'emploi et pour l'utiliser : <https://fr.surveymonkey.com/>

**Avantage :**

- Accès à 15 types de questions (fermées, ouvertes, à choix multiple, etc.)
- Possibilité de soumettre le formulaire via un lien sur son site ou par courriel
- Habillage du formulaire : 15 thèmes aux choix
- Personnalisation du formulaire (couleurs, ajout du logo, etc.)

- Simple d'utilisation

**Inconvénients :**

- Les résultats ne sont pas téléchargeables
- Limité (pour la version gratuite) à 100 réponses par questionnaire de 10 questions maximum