

Modélisation intégrative des paysages

Atelier 1 : Problématiques, démarches et outils de modélisation

Montpellier, du 26 au 28 mai 2009

COMPTE-RENDU

1. Programme

Mardi 26 mai

- 14h00 – 14h15 : introduction
- 14h15 – 15h00 : conférence : présentation du projet *Pimp your landscape* (Christine Fürst, Université de Dresde)
- 15h00 – 15h20 : pause café
- 15h20 – 16h00 : présentation du cas d'étude : le bassin versant de la Peyne (Patrick Rio – LAMETA et Philippe Lagacherie – LISAH)
- 16h00 – 17h15 : construction collaborative du schéma des interactions entre phénomènes physiques – biologiques – sociaux – économiques au niveau du bassin de la Peyne (Animation : Jean-Pierre Müller)
- 17h15 – 17h30 : formation des groupes de travail

Mercredi 27 mai

- 9h00 – 9h45 : conférence : présentation du projet SEAMLESS (Jacques Wery)
- 9h45 – 12h30 : groupes de travail sur les problématiques, démarches et outils de modélisation appliqués à l'étude de cas (pause café de 10h à 10h20)
- 12h30 – 14h00 : pause déjeuner
- 14h00 – 17h00 : restitution des travaux des groupes et discussions (pause café de 16h à 16h20)

Jeudi 28 mai

- 9h30 – 10h30 : présentation de la synthèse des travaux de groupes et des discussions (analyse des complémentarités, redondances, manques, entre les différentes approches)
- 10h30 – 10h50 : pause café
- 10h50 – 12h00 : construction collaborative d'une grille d'analyse des plates-formes de simulation et de modélisation

2. Participants

Nom	Prénom	Unité	Adresse	26	27	28
Andrieux	Patrick	LISAH	andrieux@supagro.inra.fr	X		
Antona	Martine	GREEN	martine.antona@cirad.fr			
Auclair	Daniel	AMAP	auclair@cirad.fr			
Bailly	Jean Stéphane	LISAH	bailly@teledetection.fr		X	X
Broin	Mélanie	LISAH	broin@supagro.inra.fr			
Bayol	Benoit	ECP	benoit.bayol@ecp.fr			
Couteron	Pierre	AMAP	pierre.couteron@ifpindia.org			
De Coligny	François	AMAP	coligny@cirad.fr			
Dufour	Samuel	AMAP	samuel.dufour@cirad.fr	X		X
Drapeau	Laurent	ECO UP (IRD)	laurent.drapeau@ird.fr			
Fabre	Jean Christophe	LISAH	fabrejc@supagro.inra.fr	X	X	X
Ferber	Jacques	LIRMM	ferber@lirmm.fr			
Fourcaud	Thierry	AMAP	thierry.fourcaud@cirad.fr			
Furst	Christine	Univ. Dresde	fuerst@forst.tu-dresden.de	X		
Gary	Christian	SYSTEM	gary@supagro.inra.fr			
Gaucherel	Cédric	AMAP	cedric.gaucherel@cirad.fr		X	
Godin	Christophe	AMAP	christophe.godin@cirad.fr			
Gouaich	Abdelkader	LIRMM	Abdelkader.Gouaich@lirmm.fr			
Griffon	Sébastien	AMAP	sebastien.griffon@cirad.fr			
Jaeger	Marc	AMAP	marcjaeg@gmail.com	X	X	X
Kokutse	Michel	AMAP	nomessi-kuma.kokutse@cirad.fr			
Lagacherie	Philippe	LISAH	lagache@supagro.inra.fr	X	X	X
Le Chevalier	Vincent	ECP	vincent.le-chevalier@ecp.fr	X	X	X
Lifran	Robert	LAMETA	lifran@supagro.inra.fr			
Louchart	Xavier	LISAH	louchart@supagro.inra.fr	X	X	X
Mérot	Anne	SYSTEM	merot@supagro.inra.fr			X
Michel	Fabien	LIRMM	fmichel@lirmm.fr			
Moussa	Roger	LISAH	moussa@supagro.inra.fr	X	X	X
Muller	Jean-Pierre	GREEN	jean-pierre.muller@cirad.fr	X	X	
Nicolas	Dominique	SYSTEM	Dominique.nicolas@cirad.fr	X	X	
Pradal	Christophe	DAP	christophe.pradal@cirad.fr		X	
Rabotin	Michael	LISAH	rabotin@supagro.inra.fr	X	X	X
Rio	Patrick	LAMETA	rio@supagro.inra.fr	X	X	X
Roux	Sébastien	SYSTEM	rouxs@supagro.inra.fr			
Taylor	James	LISAH	taylor@supagro.inra.fr	X		
Voltz	Marc	LISAH	voltz@supagro.inra.fr	X	X	
Wery	Jacques	SYSTEM	wery@supagro.inra.fr		X	X
Nombre total de personnes par jour				15	15	12
Nombre total de personnes ayant assisté à une partie au moins de l'atelier				20		

3. Résumé des conférences et exposés

Christine Fürst, *Institute for soil science and site ecology, technical University of Dresden, Germany*, “Pimp your landscape”

« Pimp your landscape » est un logiciel d'aide à la décision pour l'aménagement du territoire à l'échelle des paysages. Il est multicritère et multi-agent, avec une approche générique. Le logiciel est un modèle de distribution spatiale d'occupation du sol, basé sur la base de donnée européenne CORINE LANDCOVER à l'échelle d'un hectare (100m x 100m). Les cellules sont générées par un automate cellulaire et possèdent de nombreux attributs (type d'occupation du sol, informations géographiques obtenues par SIG, données socio-économiques...) ainsi que des règles dynamiques définissant l'interaction entre différents types d'occupation des sols.

Trois modes possibles pour modifier l'occupation des sols : en cliquant directement sur une cellule, en délimitant à la souris une aire géographique à transformer en type d'occupation du sol, ou en transformant toutes les cellules d'un type en un autre type dans une région.

Pour évaluer l'impact d'un type d'aménagement du territoire sur les fonctions et services paysagers, le logiciel prend en compte 4 indicateurs agrégés (économie, écologie, tourisme, qualité de l'eau) dont la valeur peut varier de 0 à 100. Ces indicateurs prennent en compte les résultats de la recherche, les normes administratives et les connaissances régionales.

L'équilibre entre ces différents indicateurs est visualisé sous la forme d'un graphe en étoile.

Le logiciel possède trois niveaux d'utilisation : en mode ludique (enseignement), en mode expert (bureaux d'étude, formation professionnelle) et en mode scientifique (recherche).

Des règles peuvent être définies prenant en compte les interactions entre types de gestion du territoire (en fonction du climat, des successions temporelles...) et les normes légales. On peut également fixer des valeurs seuil ou plateau pour les indicateurs. Les interactions entre cellules peuvent se faire au voisinage direct ou bien sous la forme d'un gradient. On peut aussi fixer aux indicateurs des valeurs seuils selon le nombre de cellules d'un certain type.

P. Lagacherie/P. Rio, *UMR LISAH, INRA Montpellier*, présentation des caractéristiques géographiques, agronomiques et socio-économiques du bassin versant de la Peyne

- Survol du bassin versant avec Google Earth
- Géologie/sols
- Climat
- Fonctionnement hydrologique et éléments du paysage
- Evolution de la population
- Evolution de la production viticole
- Analyse des pratiques agricoles
- Analyse des réseaux d'acteurs - institutions
- Analyse des décisions d'acteurs en terme de traitements phytosanitaires

Jacques Wery, UMR SYSTEM, INRA Montpellier, projet SEAMLESS

SEAMLESS est une plate-forme pour l'évaluation intégrée des systèmes agricoles multi-échelle (de l'échelle européenne aux types de fermes) et multicritères. Son objectif est de pouvoir évaluer a priori les conséquences sur l'agriculture européenne des politiques environnementales, des changements technologiques et des évolutions du marché (donc à la fois de processus top-down et bottom-up). La plate-forme permet une analyse de la réponse à ces changements, en termes économique et environnemental, au niveau européen et régional, par grand type de ferme.

Le constat de départ : il existe en Europe un certain nombre de modèles et de bases de données conçues pour des utilisations spécifiques à un certain niveaux. Ces données sont difficilement réutilisables et interconnectables pour d'autres utilisations.

L'objectif de SEAMLESS : créer une plate-forme réutilisant les bases de données et les modèles existants et permettant d'améliorer les processus d'évaluation d'impact des politiques européennes, en améliorant la cohérence entre niveaux micro-macro et en élargissant les dimensions de l'évaluation. Essentiellement un outil d'aide à la décision publique, mais peut aussi être utile à la recherche.

Trois modèles forment le cœur de la plate-forme : le modèle CAPRI (équilibre économique au niveau du marché européen), le modèle FSSIM (équilibre bio-économique au niveau de l'exploitation agricole, par grand type de ferme) et le modèle APES (équilibre biophysique au niveau du champ cultivé). Entre APES et FSSIM : typologie des exploitations agricoles. Fonctionne avec une seule base de données centrée sur l'exploitation qui combine les informations sur le climat, le sol, le type de ferme, les pratiques culturales, les politiques, les marchés, les indicateurs... En sortie, indicateurs simples ou plus ou moins agrégés dans différents domaines et à différents niveaux.

Evaluation de la plate-forme : à travers des études de cas (directive nitrate, libéralisation économique G20), par l'utilisation de prototypes et par un forum d'utilisateurs.

Utilisation de la plate-forme : par des chercheurs, en interaction des utilisateurs.

Il est très important d'identifier les sources d'incertitudes et de les rendre transparentes pour les utilisateurs. Outil de réflexion quelle que soit la fiabilité des indicateurs de sortie.

Question en suspens : l'informatique n'a-t-elle pas pris le pas sur l'agronomie dans ce projet ?

A la fin du projet, maintenance, développement et diffusion de la plate-forme par la création d'une association.

4. Construction collaborative des interactions au niveau du bassin de la Peyne

Séance animée par Jean-Pierre Müller

Dans un premier temps, les participants ont proposé une problématique associée au bassin de la Peyne d'après la présentation du site donnée par P. Rio et P. Lagacherie et selon leur discipline thématique ou leur centre d'intérêt.

A partir de là, un certain nombre d'acteurs et d'objets nécessaires à prendre en compte pour résoudre ces problématiques ont été identifiés, ainsi que leurs interactions.

Quelques problématiques concernant le bassin versant de la Peyne soulevées par les participants :

- Comment réduire la pollution à l'exutoire ?
- Quelle serait la distribution optimale des forêts ?
- Quels sont les déterminants de la dynamique viticole observée ?
- Comment va évoluer qualitativement et quantitativement la ressource en sol ?
- Comment conserver un paysage typique méditerranéen attractif dans la région ?
- Comment garantir une viticulture durable ?
- Quel est l'impact des réglementations sur les comportements ?
- Quelle est la dynamique des réseaux sociaux ?
- Comment maintenir l'activité économique ?

Identification des acteurs impliqués (non exhaustif) :

Acteurs individuels locaux :

- Résidents
- Propriétaires fonciers
- Touristes

Acteurs économiques locaux :

- Viticulteurs
- Eleveurs
- Ouvriers agricoles
- Fournisseurs
- Transporteurs
- Coopératives
- Structures touristiques

Acteurs institutionnels :

- gestionnaires de l'eau
- élus
- services de l'Etat (DRAF)
- Union européenne

Observateurs/conseillers/groupes de pression :

- écologistes
- chercheurs
- fédérations de chasse/pêche
- organismes de conseil
- aménageurs

Identification des objets en interaction dans la zone (non exhaustif) :

Eléments naturels :

- climat
- eau de pluie
- eau souterraine
- eau superficielle
- eau atmosphérique
- vigne
- sol
- forêts
- biodiversité

- vin
- moûts
- boues des stations d'épuration
- fumiers

Eléments réglementaires

- réglementation
- plan local d'urbanisme
- directive sol

Eléments structurants :

- exploitations agricoles
- parcelles
- structures paysagères

Objets liés de l'activité humaine :

- équipements

5. Restitution des travaux de groupe

Trois groupes de travail se sont formés. Chacun a choisi une problématique parmi la liste identifiée précédemment, et a imaginé une démarche de modélisation à mettre en œuvre pour répondre à cette problématique, selon une grille fournie :

	Formulation/résultats ¹ A. QUOI = le livrable	Démarche utilisée ² B. COMMENT = la façon de procéder	Outils supports ³ C. AVEC QUOI = avec quels outils
1. Question/problématique ⁴			
2. Référents théoriques ⁵			
3. Observations/données ⁶			

¹ On présentera dans cette colonne en quelques phrases le résultat obtenu ou espéré. Par exemple, quelle question vous aborderiez, que pourrait contenir le modèle conceptuel sur le cas précis, quelles données ou genre de modèle vous pourriez obtenir, etc.

² La démarche peut aller des 5 minutes de réflexions le soir dans son bureau à des démarches participatives assistées par ordinateur

³ Les outils peuvent aller de la feuille de papier à l'outil collaboratif informatisé le plus high-tech en passant par des ateliers participatifs ou entre experts...ou la feuille excel.

⁴ Dans le cadre du cas d'étude proposé, quelles questions ou problématiques concrètes vous vous poseriez pour aborder ce terrain dans le cadre de votre discipline

⁵ Pour répondre à votre question quels champs disciplinaire, quelle école(s) de pensée vous semble le plus approprié pour investiguer la question précédente

⁶ Quelles données, enquêtes, observations, expériences feriez-vous ? Imaginez les résultats que vous pourriez obtenir (demandez-les à nos personnes ressources) Comment ? Le rôle de vos référents théoriques et de vos outils d'exploitation des résultats ? Quels outils ?

4.Modélisation conceptuelle ⁷			
5.Mise en formes des données ⁸			
6.Modélisation formelle ⁹			
7.Programmation ¹⁰			
8.Simulation ¹¹			
9.Sorties/visualisation ¹²			
10.Calibration ¹³			
11.Vérification ¹⁴			
12.Validation données ¹⁵			
13.Validation experts ¹⁶			
14.Validation acteurs ¹⁷			

⁷ Comment vous conceptualisez-vous les tenants et les aboutissants ? Graphes causaux, cadres logiques, mind-mapping...qu'en ressortiriez-vous ?

⁸ On utilise rarement les données brutes, comment-les mettez-vous en forme ? Traitements (typologies, composantes principales) ? avec quels outils (SPSS, rédaction de rapports) ?

⁹ Si vous le faites, quels approches formelles utiliseriez-vous ? Modèles à compartiments, équations différentielles, automates cellulaires, ..., code en Fortran ? Avec quels logiciels si vous en utilisez (l'outil « mathématicien de service » existe aussi) ?

¹⁰ Si vous programmez vous-même vos modèles (ou les faites directement), comment passez-vous des concepts et/ou modèles au code...à quoi ressemble ce que vous obtenez ? comment (à la main, avec la dernière architecture MDA) ?

¹¹ Faites-vous des simulations ou seulement des calculs numériques ? Avec quels outils ? qu'est ce que vous simulez ? Pourquoi faire : tests d'hypothèse, reproduction de la réalité, prédiction, prospection/scénarios, exploration des modèles ?

¹² On entend par sorties/visualisation toute activité consistant à observer le comportement du modèle et à faire des traitements dessus.

¹³ La calibration est l'activité d'ajustement du modèle en confrontation aux observations/données ? Quelles démarches utilisés vous pour rapprocher le modèle de ce que vous voulez décrire ?

¹⁴ On entend par vérification le contrôle de la conformité du programme au modèle théorique ou conceptuel ? Là encore quelles démarches et avec quels outils (rien, debugger, benchmarking, qualification) ?

¹⁵ Comment vos modèles sont-ils validés par confrontation aux données après calibration ? Quelles procédure de falsification mettez-vous en œuvre et comment ?

¹⁶ ce n'est pas nécessairement parce que le modèle reproduit les données, qu'il fait sens par rapport aux référents théoriques des experts du domaine. Comment se fait la confrontation à la théorie ? quels moyens utilisez-vous (discussions sur les résultats, analyses statistiques, ateliers de discussion) ?

¹⁷ comment impliquez vous les acteurs/décideurs dans votre processus de modélisation/simulation et avec quels moyens ?

Groupe 1

Nom, prénom	Equipe, Institut	Discipline
Gaucherel Cedric	INRA, AMAP	Ecologie
Le Chevalier Vincent	Digiplante, ECP, INRIA	Math appliquées
Rabotin Mickael	LISAH	Géomatique
Dufour Samuel	AMAP	Informatique
Bailly Jean-Stéphane	UMR LISAH	Hydrologie
Pradal Christophe	CIRAD-INRIA, UMR DAP	Math appliquées-Informatique

	Formulation/résultats A. QUOI	Démarche utilisée B. COMMENT	Outils supports C. AVEC QUOI
1. Question/ problématique	«Structure du paysage de la Peyne» : étudier une structure, sa dynamique (descriptif) pour étudier son influence selon des scénarios, pour ... (...et rechercher une structure optimale ; fonction cible = réduction de pollution, viticulture durable, paysage attractif...) : Bref, on met de la géométrie, de la topologie, des attributs....(sans se préoccuper trop des rétro-actions....)	Discussion collective, réunissant des thématiques différentes ou le point commun est plutôt méthodologique	?
2. Référents théoriques	<ul style="list-style-type: none"> - Ecologie spatiale et écologie du paysage (Gardner et Turner), - DS² : langage formel et systèmes à structure dynamique et multi-échelles (Prusinkiewicz, Giavitto, de Reffye) - Topologie, géomatique - Géométrie stochastique (Lantuejols), Inférence statistique spatiale (Cressie) et analyse de sensibilité (Saltelli) 	Littérature	
3. Observations/ données	<ul style="list-style-type: none"> - Pour mesurer la structure, sa dynamique - Pour resimuler une structure complète « réaliste » (et sa dynamique)... de la plante au paysage 	Enquête d'acteurs, mesure locale physique, télédétection	Questionnaires d'enquêtes Capteurs + vecteurs aérospatiaux Etalon + oeil

4.Modélisation conceptuelle	<p>Spatial et temporel :à support discret (dominant) ou continu, avec processus mono et multi-variable, à dominante stochastique avec règles déterministes.</p> <p>Ex Spatial : Graphe + plongement géométrique du graphe, + valuation selon des types + graphes multi-échelles</p> <p>Ex Temporel : Graphes, Processus Markoviens...</p>		
5.Mise en formes des données	<p>Soit on connaît pas la structure et on l'infère (aussi dans le cas sur la Peyne): Analyse de données, Analyse fréquentielle..</p> <p>Soit on « connaît » la structure :</p> <ul style="list-style-type: none"> - reconstruction de champs spatiaux et/ou temporels à partir de données échantillonnées et de modèles d'organisation spatial ou temporel (géométrie et topologie) - Segmentation et mise en cohérence topologique de l'espace, résolution de contrainte. 		
6.Modélisation formelle	<ul style="list-style-type: none"> - équations différentielles avec temps continu - grammaire formelle, réécriture de graphe - Markovien, géostatistique, processus ponctuel marqué, - Processus de branchement 	<ul style="list-style-type: none"> - code C++ - Lstudio et groimp - R 	
7.Programmation	<ul style="list-style-type: none"> - assemblage avec du data flow - ou fait directement à la main ... mais bientôt en MDA 	Avec Lsystem	Avec openalea
8.Simulation	<p>Représentation : reproduire la réalité</p> <p>Tests d'hypothèse</p> <p>Prospection scenario</p>		
9.Sorties/ visualisation	<p>Faire des films,</p> <p>Faire des cartes, visu 3D</p> <p>Indicateurs de texture multi-échelle,</p> <p>Indicateurs de topologie</p>		
10.Calibration	<p>Plutôt de l'estimation (inférence statistique), pas trop de 'calibration' :</p> <p>Calibration bayésienne</p> <p>Essai-Erreur (gradient manuel)</p>		

11.Vérification	Benchmarking : (on compare plusieurs modèles) Debugger Tests de sensibilité Visualisation Rien		
12.Validation données	Validation dans le temps : on calibre sur 20 ans on valide sur 1à ans d'après On change de Bassin versant.		
13.Validation experts	Utilisation de 'Modelling sprint' Par collaboration dans les publis		
14.Validation acteurs	Rien (il faudrait faire mais « ludique »)		

Groupe 2 :

Nom, prénom	Equipe, Institut	Discipline
Jean-Pierre Müller	CIRAD, UMR GREEN	Informatique
Roger Moussa	UMR LISAH	Sciences du sol
Philippe Lagacherie	UMR LISAH	Sciences du sol
Jean-Christophe Fabre	UMR LISAH	Informatique
Xavier Louchart	UMR LISAH	Hydrologie

	Formulation/résultats A. QUOI	Démarche utilisée B. COMMENT	Outils supports C. AVEC QUOI
1.Question/ problématique	Comment réduire la pollution à l'exutoire ?	Initiative scientifique au départ – anticipation par rapport à une demande régionale / sociétale	
2.Référents théoriques	*Physique du sol *Hydrologie *Agronomie	*Pratiques culturelles (déterminants) *Aménagements (déterminants)	
3.Observations/ données	*Données structurelles spatiales *Agronomiques *Données temporelles (climat...) *Analyses échantillons (érosion, pesticides ...)	*Données existantes (Images satellitales, MNT ...) *Station météo, capteurs *Observations *Enquêtes *Traitement de données	*Matlab, R *Hydracess (scripts maison) *Base de données HYSAE (Postgres) *Base données carto (structuration fichiers)

4.Modélisation conceptuelle	*nomenclatures *ontologies *typologie	*MHYDAS party *réunion programme transversal modélisation *construction d'OpenFLUID	*papier *site web *Graphviz *Protégé
5.Mise en formes des données	*données spatiales observées/téledéectées *données temporelles	*traitement de données (interpolation) *géomatique *géostatistique *valeurs de référence / par défaut	*SIG (scripts maison) *Geo-MHYDAS *R,Matlab (scripts maison) (pas de traçabilité)
6.Modélisation formelle	*équations différentielles sur plusieurs arbres orientés et connectés *modèles à compartiment	*stages, thèses *changement / améliorations des équations et couplages	*papier *méthode de résolution existante *matheux *pré-DEVS
7.Programmation	*OpenFLUID *MHYDAS	*intégration code existant *code maison	*solveur / librairies existants (blas, othomin) *C++ *Fortran encapsulé
8.Simulation	*tests d'hypothèses *prédiction, scénario		*MHYDAS / OpenFLUID
9.Sorties/ visualisation	*variables simulées (spatio/temporelle) *un peu de travail sur indicateurs (par agrégation)	*au cas par cas	*OpenFLUID-builder *Matlab, R
10.Calibration	*paramètres (paramètres variables)	*manuellement *modèle adjoint *calage multi-échelle	*batch
11.Vérification	*du modèle codé (contrôle de cohérence)	*comparaison à un modèle (déterministe) de référence avec un jeu de données de référence	
12.Validation données		*comparaison à données mesurées (jeu autre que pour la calibration)	
13.Validation experts	NON	*comparaison entre modèles *explicitation des hypothèses simplificatrices (sensibilité à l'échelle de travail)	
14.Validation acteurs	NON		

Groupe 3 :

Nom, prénom	Equipe, Institut	Discipline
Jacques WERY	UMR SYSTEM	Agronome
Dominique NICOLAS	UMR SYSTEM	Agronome
Patrick RIO	UMR LAMETA	Economiste
Marc JEAGER	UMR AMAP	Informaticien
Mélanie BROIN	UMR LISAH	Agronomie

	Formulation/résultats A. QUOI	Démarche utilisée B. COMMENT	Outils supports C. AVEC QUOI
1. Question/ problématique	Comment réduire la pollution à l'exutoire dans un contexte économique. Une plate-forme pour comparaison des scénarios à l'échelle du paysage sur la Peyne.	Modélisation biophysique et économique. Interface pour faciliter la négociation entre acteurs.	High Tech et collaboratif
2. Référents théoriques	- Agronomie (écophysiologie, sciences du sol, décision à l'échelle de la parcelle) - Economie (exploitation, économie politique) - Hydrologie - Ecologie du paysage (en lien avec bioagresseurs) - Ingénierie mathématique et informatique -	- par discipline ayant ses approches et modèles - Comment intégrer les modèles ?	Intégration se fait par le géo-référencement ou la typologie spatiale
3. Observations/ données	- Pour l'élaboration du modèle (calage, évaluation) - Pour faire tourner le modèle dans les simulations - Données mesurables ou composants des scénarios (exemples, politiques)	- Nombreuses données existantes mais par petit bassin versant (et détaillé sur un seul) - collecte de données sur les autres bassins - typologie des parcelles mais pas de représentation explicite	- approche d'extrapolation en lien avec typologies des sols, de bassins versants - problème de cohérence entre le niveau des processus de genèse de la pollution (parcelle) et l'échelle de calcul de la variable de sortie (pollution à l'exutoire)

4.Modélisation conceptuelle		- analyse de système (entrées, sorties, composants) UML -Typologies, agents - système dynamique	- cahier des charges et conduite du projet
5.Mise en formes des données			ACP/ à dire d'expert (typologie)
6.Modélisation formelle		UML Succession de modèles	- équations différentielles - programmation linéaire - théorie des jeux
7.Programmation	- doit être réutilisable ailleurs (autre bassin versant)	- besoin d'un outils de couplage à travers une base de données - modèles existents - coefficients techniques par enquêtes	Bases de données Matlab et Python Modèle hydrologique MHYDAS + modèle économique développé par LAMETA Modèles biophysiques à la parcelle pour générer les coefficients techniques
8.Simulation		Comparaison des scénarios	
9.Sorties/ visualisation			
10.Calibration			
11.Vérification			
12.Validation données		- vérifier la cohérence des données par rapport à des séries temporelles - modèle validé individuellement - puis validation de l'ensemble sur séries chronologiques de pollution à l'exutoire	
13.Validation experts			
14.Validation acteurs		- validation des données par les acteurs (crédibles pour eux) - validation d'usage (permet d'avancer dans les discussions)	

6. Synthèse des travaux de groupes : vers une grille d'analyse des démarches de modélisation

La mise en commun et l'analyse des travaux des différents groupes, ainsi que les discussions qui en ont émané, ont permis de d'améliorer et de préciser la grille d'analyse proposée en première instance.

Démarche générale de modélisation

Phase	Mise en œuvre
1. Question / problématique	Ateliers Plate-forme collaborative A dire expert / à dire acteur
2. Cahiers des charges - quel outil construire : logiciel d'aide à la décision ? outil pour mieux comprendre un système ? - quelles sont les contraintes (délais, ressources, financement...)	Ingénierie des besoins
3. Référents théoriques (disciplines, écoles de pensée)	Explicitation des rôles Explicitation des points de vue Parfois, les référents théoriques n'apparaissent qu'après la phase de modélisation conceptuelle. Si on fait appel à plusieurs modèles en interaction, les référents théoriques de chaque modèle doivent être explicites et cohérents entre eux.
4. Modélisation conceptuelle : Construction de la multiplicité des points de vue	Vues structurelles (objets, structures) versus vues fonctionnelles (dynamiques, processus) Intégration des interactions entre structure et fonction au niveau du modèle Ingénierie des connaissances Construction des typologies Analyse des modèles existants
5. Acquisition des informations et des données - pour l'initialisation du modèle - pour sa paramétrisation - pour faire tourner le modèle (distinction de l'utilisation des données)	Enquêtes Observatoire (données mises à jour en permanence) Postes d'observation Bases de données existantes Construction des méta-données Nettoyage Pour construction versus utilisation Gestion de la propriété intellectuelle/confidentialité Distinction de la nature des données (observable = entité qui peut être observée et assimilée par un modèle ≠ donnée, variable, paramètre...)
6. Paramétrisation ou mise en forme des données	Extrapolation / interpolation voire modélisation Spatialisation Traçabilité de la transformation des données brutes

7. Modélisation formelle (modélisateurs)	Processus de modélisation Succession / chaînage de modèles (modèles successifs liés par l'intermédiaire de bases de données) versus couplage (échange de données dans les deux sens entre les différents modèles) versus intégration fonctionnelle ET structurelle (deux modèles ne forment plus qu'un) Développement de modèles à zéro Changements d'échelle / connexion d'unités spatiales (agrégation, moyenne...) / gestion des échelles de temps (outils : équations différentielles, théorie des jeux, automates cellulaires...)
8. Programmation = mise en œuvre de la modélisation formelle (informaticiens)	Distinction modèle / application conception informatique Construction de différentes formes d'assemblage Assemblage modèle/versus composants logiciels Ré-ingénierie des modèles (outils : Matlab, mathématiciens, à la main...)
9. Vérification	Confrontation à des logiciels existants / calculs formels / littérature Simplification / multi-échelle
10. Usage de la simulation (défini dans le cahier des charges)	Démarche heuristique (test d'hypothèse / construction de théories) Prédiction / prospection / aide à la décision Différents niveaux d'utilisation (éducation/formation, questionnaires, chercheurs...)
11. Calibration	Ajustement des paramètres Modèles adjoints Analyse de sensibilité (?) => simplification
12. Indicateurs (en lien avec le cahier des charges : qu'est-ce qu'on veut observer ?)	Construction des indicateurs avec les acteurs Sorties / Visualisation / communication
13. Validation / confrontation (données)	Confrontation aux données Tests statistiques
14. Evaluation (experts) = intelligibilité du modèle Evaluation du modèle dans quelques conditions de validité de celui-ci	'Comprendre pourquoi' versus 'vérifier que' Construction d'argumentations Analyse de sensibilité / exploration des modèles Exploration des données Définir une procédure sur la façon d'interpréter les résultats des scénarios, formalisée en cohérence avec la phase de modélisation formelle
15. Qualification / légitimation par rapport aux utilisateurs du modèle : est-ce que le modèle rend bien les services auxquels on s'attendait au départ ?	Confrontation au cahier des charges Ateliers avec les utilisateurs Identification et formalisation des sources d'incertitudes Tests de propagation d'erreurs

Quelques remarques sur la démarche de modélisation :

Dans la pratique, de nombreuses phases sont non formalisées et non explicites. Le processus de modélisation fait appel à des pratiques dispersées telles que l'ingénierie des connaissances, l'ingénierie informatique, les techniques d'animation... Des questions restent ouvertes telles que la gestion de la multi-disciplinarité, la gestion d'acteurs multiples...

Les outils qui sous-tendent cette démarche de modélisation :

Au cours des discussions, un grand nombre d'outils utilisés par les différentes équipes sont apparus : les bases de données, les systèmes d'information géographique, les outils statistiques (R...), les outils de modélisation existants (Matlab...), les plate-formes de modélisation construites par les équipes (Openfluid, Openalea, Capsis, Mimosa, OpenMi...), le CSCW (Computer Supported Collaborative Work), les codes informatiques, les outils de représentation des connaissances (UML : Unified Modelling Language, Protege...), etc.

Les plate-formes de modélisation posent d'autres questions encore : multiplicité des plate-formes et des usages, différentes façons de penser l'articulation des modèles (différents niveaux : composants logiciels, bouts de modèles, modèles entiers, couplage versus chaînage, incorporation d'ontologies plus ou moins génériques).

Ce qu'il manque :

- plates-formes collaboratives pour la modélisation
- traçabilité des démarches de modélisation et des données des modèles tout au long du processus (démarche qualité)

Quelques pistes pour le prochain atelier :

- il faudrait mettre cette grille à l'épreuve des démarches de modélisation effectuées ou en cours dans les labos, afin de ré-interroger et mieux formaliser les différentes expériences de modélisation menées et de formaliser les différents points de vue sur les paysages
- se construire une vision commune du paysage, besoin de démarches et outils pour construire une ontologie. Passer de points de vues individuels à un point de vue collectif sur le paysage, cohérent, avec de nouvelles relations entre les objets (articulation de points de vue plutôt que consensus)
- Du point de vue des démarches : il existe des choses à l'extérieur, il faudrait inviter des personnes qui sont capables de partager cette expérience (plate-formes collaboratives, ingénierie des connaissances multi-acteurs, ingénierie logicielle)
- Séance critique : analyser ce qui existe dans la littérature
- Mais aussi orienter l'atelier sur les outils et méthodes de modélisation pour une approche concrète du paysage

Quelques précisions sur le futur projet de plate-forme de modélisation :

- Il s'agit d'une plate-forme scientifique et non d'une plate-forme logicielle, sous forme d'une plate-forme web avec outils, cours, formation, ressources... avec un objectif commun : la modélisation intégrée du fonctionnement du paysage
- Quelles compétences sur la modélisation du paysage peut-on mobiliser en Languedoc-Roussillon ?
- La future plate-forme doit intégrer les interactions entre structure et fonction (rétroaction des processus biophysiques et des activités humaines sur la géométrie des objets).
- Créer une sorte de maquette virtuelle des différents modèles et de leurs interactions possibles – notion de plateau-projet : mettre en évidence les conflits et les interactions nécessaires pour travailler ensuite séparément autour d'une maquette simplifiée.
- Un projet commun qui satisfasse des objectifs de recherche différents (en informatique, en agronomie, en économie...) avec construction commune des questions de recherche. Plate-forme attractive d'un point de vue thématique mais aussi d'un point de vue informatique (projet orienté paysage versus modélisation intégrée avec changement d'échelle). L'objectif est d'échanger, de s'approprier de nouveaux outils
- Problème de la pérennité de la plate-forme : se baser sur un groupe de personnes qui vont porter le projet dans le temps car elles ont un besoin fort de cet outil
- Confronter le projet à ce qui existe à l'extérieur, se positionner par rapport à la communauté scientifique avec une forte originalité