

## MAIA, un modèle de données support de la démarche d'adaptation

**Agriculture, gestion de l'eau, tourisme, exploitation de la forêt, énergie, etc., tous les secteurs d'activités de moyenne montagne sont impactés par le réchauffement climatique. Afin d'y faire face, les communautés territoriales mettent en place un ensemble d'actions d'adaptation pour ces différents secteurs, mais peinent encore à élaborer une stratégie intégrée à l'échelle du territoire. La multiplicité des implications et synergies entre les secteurs d'activité présents sur un territoire rend la tâche complexe. Dans cet article, les auteurs présentent un modèle basé sur le langage graphique UML (*Unified Modelling Language*) qui permet de capitaliser, structurer et mettre en relation les données relatives à un « système territorial en adaptation ».**

**F**

ace aux perturbations climatiques, les réponses adaptatives déployées au sein des filières structurantes des territoires de moyenne montagne (filiale forêt-bois, agricole, touristique et énergie) sont nombreuses. Dans le cadre du projet AdaMont,

un travail de capitalisation, de structuration et de mise en relation de ces pratiques d'adaptation, mises en place ou envisagées, a été mené. D'une part, l'objectif est de mettre en évidence que de nombreuses adaptations sont d'ores et déjà testées à l'échelle de ces territoires. D'autre part, et là réside l'enjeu central, il s'agit de faire communiquer les différents métiers au travers de leurs activités d'adaptation et de révéler le potentiel d'adaptation au changement climatique de ces interactions dans une approche systémique à l'échelle d'un territoire.

Comme support de ces deux objectifs, le domaine d'étude correspondant au « système territorial d'adaptation » a été décrit en UML (*Unified Modelling Language*), un langage de modélisation graphique fondé sur une approche objet qui est décrit par l'OMG (*Object Management Group*)<sup>1</sup> et qui par ailleurs fait l'objet d'une norme (ISO/IEC 19501). Ce modèle de données, dénommé MAIA pour « modèle amélioratif et intégrateur de l'adaptation », est un des éléments du référentiel d'ensemble du projet AdaMont présenté dans l'article de Arlot (pages 8-11, dans ce même numéro).

### Les principes d'UML et leurs intérêts pour répondre aux objectifs fixés

L'UML est un langage graphique qui peut soutenir une démarche de modélisation et qui intervient à plusieurs moments dans le cycle de développement d'un outil informatique. Concrètement, il permet de concevoir une application informatique au moyen de plusieurs diagrammes spécifiques dédiés à différents objectifs :

- des diagrammes statiques dédiés à l'étude de la structure statique de l'application informatique visée, diagrammes de classes, diagrammes d'objets, etc. ;
- des diagrammes dédiés à l'étude de son comportement dynamique, diagrammes de cas d'utilisation, diagrammes de séquence, etc.

Le modèle MAIA mis au point dans le projet AdaMont repose sur le développement de diagrammes de classes et l'utilisation d'une méthode inspirée des diagrammes de cas d'utilisation.

UML est un langage clair et intuitif, même pour les non-initiés, qui permet de fouiller et formaliser les concepts de base et de parvenir à des consensus interdisciplinaires. Son utilisation dans le cadre du projet AdaMont a fourni

1. La documentation officielle et ses différentes versions sont disponibles sur leur site (<http://www.omg.org/spec/UML/>)

un outil pertinent pour capitaliser, structurer et mettre en relation les données de natures et de sources très diverses devant être prises en compte. Au-delà d'une utilisation classique du langage, en favorisant la communication interdisciplinaire, il a permis de mettre en évidence des manques dans la terminologie. Ainsi, le vocable « Cas d'adaptation » a dû être défini pour devenir un élément essentiel du « système territorial en adaptation ».

### Les concepts clés du modèle de données MAIA sur les pratiques d'adaptation

#### Des diagrammes de classes pour décrire le système territorial d'adaptation

Les diagrammes de classes présentent des classes et des associations qui permettent de décrire une simplification du monde réel en fonction d'un objectif. On peut donc établir plusieurs diagrammes de classes (donc des représentations différentes) pour le même domaine d'étude, tout dépend de l'objectif que l'on souhaite viser. On peut imaginer une classe comme une sorte de moule dédié à la fabrication d'objets qui se ressemblent. Le parallèle avec un moule à gâteaux est souvent donné en exemple. Si on décide que le moule est rond, les gâteaux issus de ce moule le seront aussi, par contre les recettes peuvent différer. Une classe est décrite par des attributs qui permettent de préciser sa structure ainsi que par des méthodes qui permettent de spécifier son comportement. Un important travail de formalisation a permis de décrire le système territorial d'adaptation par un ensemble de classes décrivant l'environnement, les événements déclencheurs des adaptations, les unités spatiales concernées, les parties intéressées, et les processus d'adaptation.

#### Un concept pivot : les « cas d'adaptation »

Le concept de « cas d'adaptation » est directement inspiré du diagramme UML de cas d'utilisation dans le sens où il permet d'établir les interactions des acteurs avec le système territorial d'adaptation.

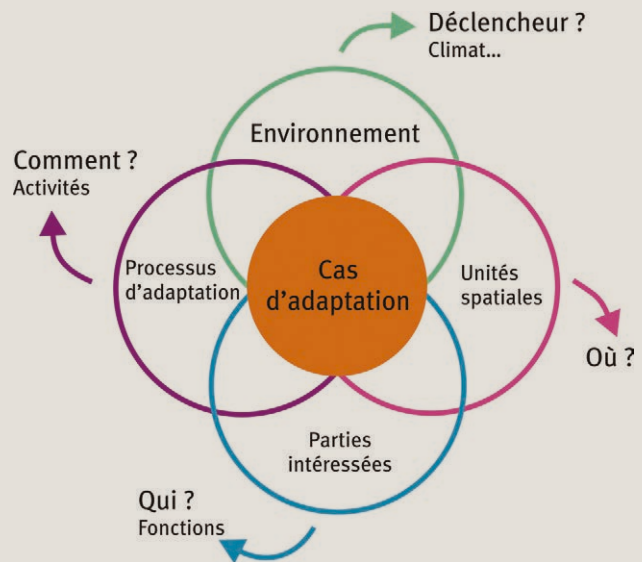
Un cas d'adaptation matérialise un enjeu (ou besoin) particulier d'adaptation au changement climatique (ou à toute autre perturbation) sur une unité spatiale donnée. Il constitue le point central de la modélisation, c'est en effet autour de lui que s'organisent toutes les données utiles au modèle qui permettent de capitaliser et de structurer l'information sur les pratiques d'adaptation (figure 1). Il se caractérise, entre autres, par un nom (courte phrase toujours exprimée sous la forme « Adapter quoi à quoi ») et un type (réel ou prospectif). Un cas d'adaptation est dit prospectif s'il n'a pas encore été testé et éprouvé, à l'inverse d'un cas réel qui rend compte d'un retour d'expérience. Cet aspect offre la possibilité de capitaliser sur les éventuelles évolutions d'un cas d'adaptation. Pour traduire l'importance de l'objet « cas d'adaptation » dans la modélisation, il est également au centre du diagramme de packages (figure 2). Cet objet pilote la communication avec des objets de plus haut niveau (les packages) qui organisent les objets qui ont trait à l'environnement du cas d'adaptation (les milieux concernés), les unités spatiales impactées, les décisions autour du cas d'adaptation au sens large (les acteurs, les fonctions...), les événements déclencheurs comportements d'adaptation et les scénarios mis en place.

#### La caractérisation de l'environnement, milieu et perturbations

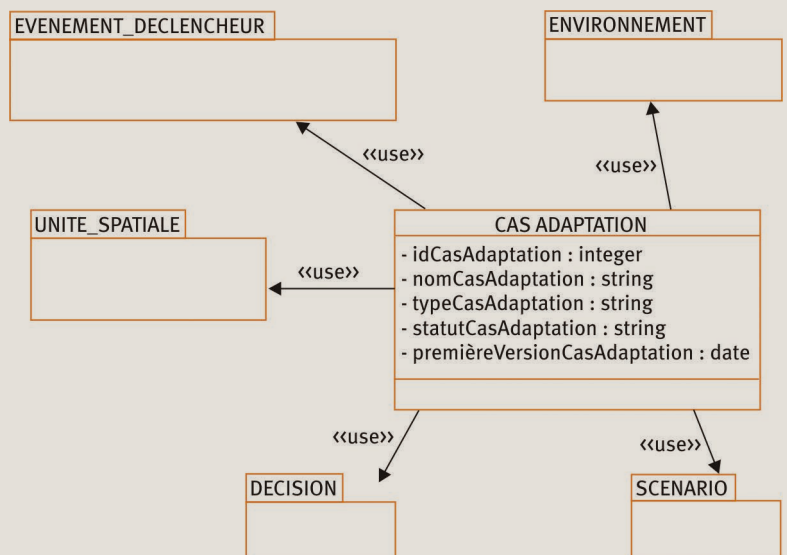
Un cas d'adaptation émane d'un évènement issu d'une modification de l'environnement. L'environnement décrit le contexte de tout ou partie d'un territoire selon quatre sous-ensembles distincts que sont : le climat, le milieu biophysique, le milieu social et le milieu économique. Un évènement est donc décrit comme l'occurrence d'une ou plusieurs perturbations d'ordre climatique et/ou associées à un ou plusieurs éléments du milieu.

Les perturbations d'ordre climatique émanent du package « Climat » et concernent des modifications de paramètres climatiques (ex. : augmentation/diminution des températures/précipitations) et/ou des aléas climatiques (ex. : sécheresse), tributaires des modifications des paramètres climatiques. Les perturbations liées au milieu sont

1 Schéma général du modèle MAIA autour du concept pivot de cas d'adaptation.



2 Diagramme de packages du modèle MAIA construit autour du concept pivot de « cas d'adaptation ».



### 3 Nombre de cas d'adaptation déclenchés selon la perturbation ; application du modèle MAIA au territoire du Vercors.

NB : La taille du rond est proportionnelle au nombre de cas d'adaptation concernés.  
Seules les perturbations apparues comme les plus fréquentes sont affichées sur la figure.



### 4 Exemple de fonctions à l'interface de plusieurs cas d'adaptation ; application du modèle MAIA au territoire du Vercors.

NB : La taille du rond est proportionnelle au nombre de cas d'adaptation concernés.  
Seules les fonctions apparues comme les plus fréquentes sont affichées sur la figure.



définies notamment par des noms (ou expressions) qui les caractérisent (ex. : surmortalité des épicéas) et des indicateurs (quantitatifs ou qualitatifs) qui permettent de les mesurer (quand ils existent). Combinées entre elles, ces perturbations (climatiques ou non), constituent finalement une chaîne d'événements dont la complétude dépend des informations qui seront effectivement renseignées dans le système. La figure 3 donne un exemple des perturbations les plus significatives pour le cas du Vercors.

Chaque événement (ou chaîne d'événements) se veut finalement être inscrit dans un contexte temporel, lequel peut être renseigné selon des attributs de fréquence, date de début, durée et saison.

#### Parties intéressées, fonctions et facteurs de décision

Un cas d'adaptation au changement climatique (ou à toute autre perturbation), sous-entend l'existence de personnes, ou groupes de personnes, qui influencent ou sont influencés par ce cas d'adaptation. Leurs intérêts peuvent être affectés positivement ou négativement à la suite de sa réalisation ou de sa non-réalisation. On parlera alors de parties intéressées, qui sont donc soit des individus qui peuvent être nommément identifiés, soit des collectifs (toute entité, organisation, institution, administration, regroupement, syndicat, etc.).

Ces parties intéressées sont généralement soumises à des facteurs de décision que l'on définit en trois sous-ensembles : exigence, valeur et objectif.

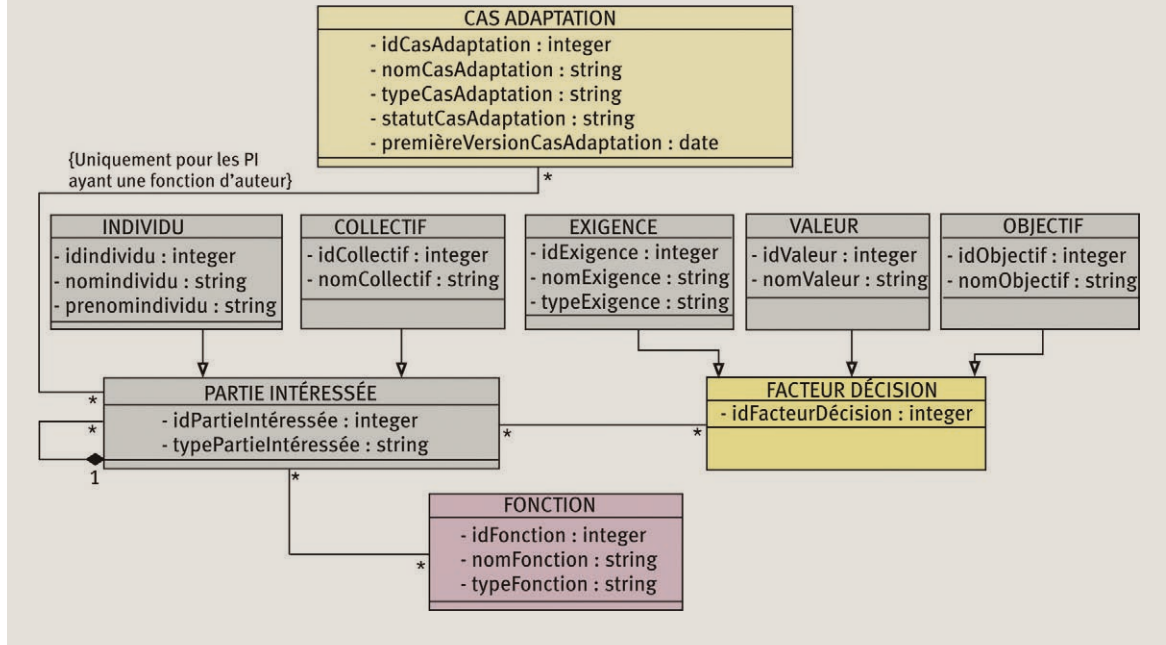
Une exigence est une condition de la partie intéressée qui doit être respectée et qui peut être de type réglementaire (émanant de la loi, d'un décret, d'un arrêté, d'une directive, d'une norme rendue obligatoire ou de tout autre règlement applicable), ou non réglementaire. Dans ce second cas, la partie intéressée n'est pas légalement tenue de se conformer à l'exigence, mais elle choisit de le faire et s'y engage.

La valeur, c'est le pourquoi de l'action d'adaptation, elle est support des améliorations *via* les adaptations et n'est pas nécessairement financière (ex. : préserver la biodiversité, préserver l'attractivité touristique, préserver l'économie de la filière forêt-bois, etc.).

Enfin, l'objectif permet de définir un potentiel d'amélioration, il doit être spécifié (compréhensible par tous), mesurable (avec une échelle ou une unité), acceptable (sur le plan légal, moral, sécuritaire, etc.), réaliste (atteignable) et situé dans le temps. L'objectif peut être quantifié et permet de satisfaire la valeur ou l'exigence. Exemple, pour satisfaire la valeur « préserver le patrimoine forestier », le sylviculteur se donne l'objectif de conserver au moins 80 % du couvert forestier actuel sur sa parcelle forestière.

Outre ces facteurs de décision, une partie intéressée peut être associée à une ou plusieurs fonctions. Une fonction représente un rôle générique (stable dans le temps et selon les contextes). Dans de nombreux cas, une fonction est confondue avec un métier (ex. : sylviculteur, exploitant forestier, arboriculteur, exploitant de station de ski, commerçant, éducateur sportif, etc.). Chaque fonction fait l'objet d'une classification selon trois types : pilotage (fonction de direction, de gestion, de management), réali-

5 Extrait du diagramme de classes du modèle de données MAIA – Parties intéressées, fonctions et facteurs de décision.



sation (fonction liée à la mise en œuvre) et support (fonction d'appui). La figure 5 donne un exemple des fonctions essentielles à l'adaptation dans le cas du Vercors. Ces concepts – parties intéressées, fonctions et facteurs de décision – sont illustrés par un extrait de diagramme de classes présenté sur la figure 6.

### Activités et processus d'adaptation

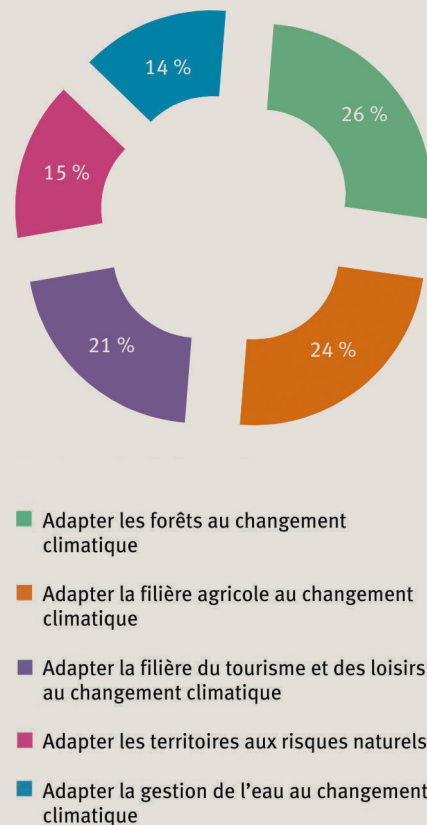
Un cas d'adaptation permet de capitaliser des activités d'adaptation opérationnelles et pertinentes pour répondre à la problématique posée par celui-ci, en cohérence avec l'enjeu qu'il matérialise. L'ensemble de ces activités constitue ce que l'on nomme un scénario. Ainsi, à chaque cas d'adaptation, est associé un scénario de référence, lui-même composé d'activités (ou activités scénario). Ces activités peuvent être simples ou complexes (c'est-à-dire elles-mêmes composées de sous-activités).

En fonction de ce qu'elle sous-entend en termes opérationnel, chacune des activités est typée selon le même principe que les fonctions énoncées précédemment (pilotage, réalisation ou support) :

- les activités de pilotage ont vocation à établir des lignes directrices, à contrôler et/ou corriger un système de fonctionnement pour l'optimiser (ex. : contrôler la bonne application de la directive cadre sur l'eau) ;
- les activités de réalisation relèvent de la mise en application pratique (ex. : mesurer la qualité des eaux de surface) ;
- enfin, les activités support permettent de faciliter la mise en œuvre des activités de réalisation et de pilotage (ex. : mettre en place un observatoire de la qualité des eaux de surface).

La figure 6 donne un exemple des activités d'adaptation recensées pour le territoire du Vercors, avec 256 activités d'adaptation réparties en cinq grands enjeux.

6 Répartition des activités d'adaptation par enjeux (265 activités d'adaptation de référence) ; application du modèle MAIA au territoire du Vercors.



► Chacune des activités composant le scénario de référence peut faire l'objet d'une analyse stratégique. Finalement, les activités du scénario de référence font l'objet d'une priorisation (oui, non) faite à la discrétion de la (ou des) partie(s) intéressée(s) pilote(s) de l'adaptation, en fonction du contexte. De cette typologie et priorisation, naissent des processus d'adaptation qui sont constitués de tout ou partie des activités constitutives du scénario de référence, sachant qu'un processus d'adaptation ne se compose que d'activités du même type (pilotage, réalisation ou support), que l'on choisit de mettre en œuvre, et pour une même stratégie d'adaptation. Ainsi, un cas d'adaptation peut porter plusieurs processus d'adaptation de types différents (processus de pilotage, de réalisation ou support). Dès lors, les parties intéressées du cas d'adaptation peuvent être impliquées dans la mise en œuvre des processus en fonction des types des fonctions auxquelles elles sont associées. Par exemple, dans le cadre d'un cas d'adaptation, l'Office national des forêts, qui est une partie intéressée potentielle ayant des fonctions à la fois de pilotage, de réalisation et de support, pourra théoriquement être impliquée dans tous les types de processus d'adaptation rattachés au cas d'adaptions et valables pour un contexte donné. À l'inverse, une entreprise de travaux forestiers, n'ayant qu'une fonction de réalisation (exploitant forestier), ne se verra impliquée que dans des processus d'adaptation de réalisation. Le système prévoit que chaque processus soit assorti d'un référent et qu'il puisse être validé par des indicateurs.

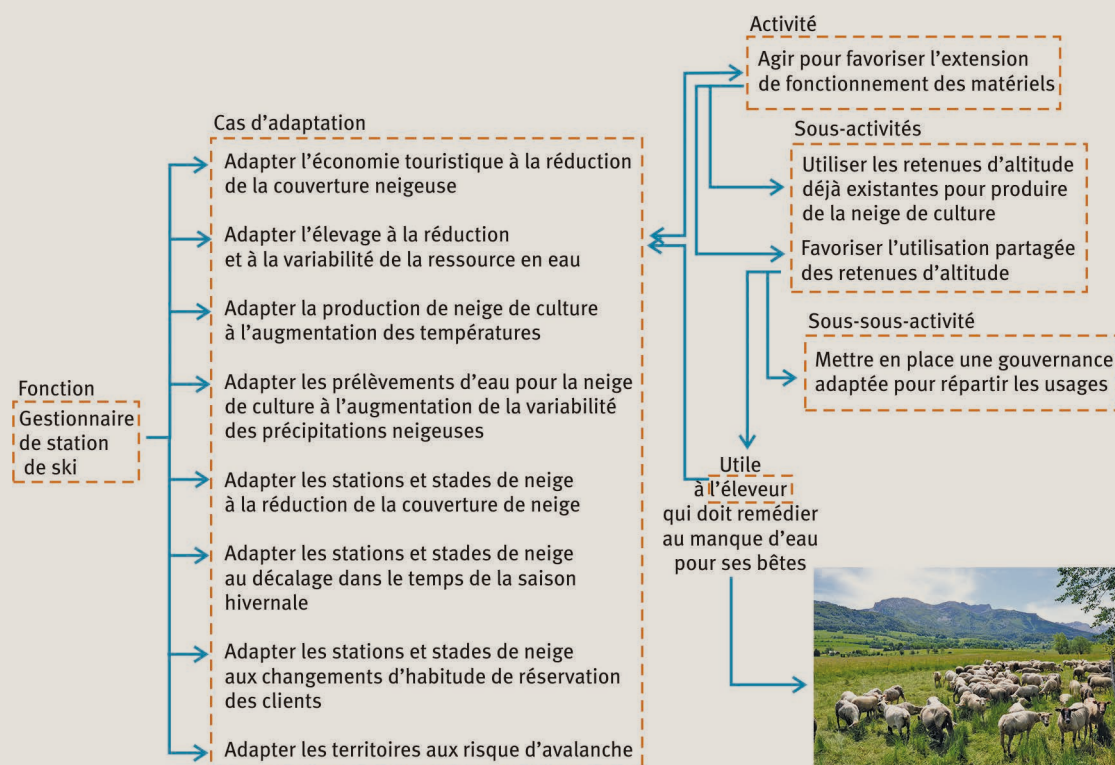
La validation des processus d'un cas d'adaptation valide de fait le cas d'adaptation. Ces processus peuvent être représentés graphiquement en BPMN (*Business Process Model and Notation*), une notation unifiée spécifique à la cartographie des processus décrit par la norme ISO/IEC 19510.

### Une fiche de cas d'adaptation pour collecter l'information

La récolte des données sur les pratiques d'adaptation a nécessité la mise en place d'une démarche participative impliquant de nombreux types d'acteurs du territoire (experts, scientifiques, élus). Différents modes de collecte ont été utilisés (ateliers participatifs, séminaires, synthèses de chercheurs, entre autres). Le détail de cette démarche est présenté dans Piazza-Morel *et al.* (pages 18-23, dans ce même numéro).

En parallèle de la construction du modèle conceptuel UML, une grille de lecture commune a été établie afin de capitaliser et de structurer les informations transmises au cours de ces séances de travail collectif. Cette grille de lecture, ou fiche de cas d'adaptation, inspirée des fiches de cas d'utilisation UML classiques, permet de recenser toutes les informations selon les concepts définis précédemment. Cette fiche est totalement cohérente avec le diagramme de classes UML et chacune de ses rubriques se rapporte à l'attribut d'une classe du modèle conceptuel.

#### 7 Exemple d'interactions révélées par le modèle de données MAIA entre un gestionnaire de station de ski et un éleveur, au travers des cas d'adaptation et activités dans lesquels ils sont mutuellement impliqués.



### Le pouvoir intégrateur du modèle mis en évidence par les interfaces

Le modèle conceptuel propose une architecture organisationnelle des données sur les pratiques d'adaptation au changement climatique ou à toute autre perturbation de l'environnement. Il permet d'entrevoir la dynamique des processus qui séquent les activités du scénario de référence. Au sein d'un cas d'adaptation, une « partie intéressée » peut se voir allouer plusieurs processus, autrement dit plusieurs activités. Elle est alors à l'interface de plusieurs processus. De la même manière, des parties intéressées, leurs fonctions et leurs activités, peuvent être communes à plusieurs cas d'adaptation, elles seront alors à l'interface de plusieurs cas d'adaptation (voir exemple en figure 7).

Les cas d'adaptation donnent de la cohérence et permettent de faire dialoguer les objets (activités, fonctions, événements...) pour répondre à un questionnement précis. Deux cas d'adaptation distincts peuvent intervenir des objets identiques mais les faire dialoguer de manière différente pour obtenir des résultats différents.

### Du concept à la réalisation pour restituer la connaissance avec de la valeur ajoutée

Dans la poursuite de l'objectif de capitalisation et de mise en relation des données sur les pratiques d'adaptation au changement climatique, le modèle de données UML a été exploité en première approche pour réaliser l'architecture d'une base de données. Le modèle conceptuel des données a été transformé en modèle relationnel permettant la génération d'une base de données. Suite à cela, il a été possible d'intégrer à la base de données l'ensemble des informations consignées dans les fiches de cas d'adaptation. L'interrogation de cette base permet d'utiliser les relations entre les données jusque-là conceptualisées, et ainsi de les valider (figure 7).

### Perspectives

La démarche de construction de ce modèle de données avait pour première ambition de rassembler plusieurs disciplines et corps de métiers autour de la problématique du changement climatique en moyenne montagne, ce pour tenter de rationaliser et de mettre en cohérence des initiatives d'adaptations pertinentes et pourtant encore sous-valorisées.

Outre cet aspect, le cadre conceptuel posé par le modèle offre une capitalisation des pratiques actuelles (données utilisées, interactions entre acteurs, activités...) d'un territoire en matière d'adaptation. Il constitue un outil de communication pour continuer la réflexion sur l'intégration et l'interopérabilité des données disciplinaires.

① Agriculture, gestion de l'eau, tourisme, énergie, exploitation de la forêt, etc., tous les secteurs d'activités de moyenne montagne seront impactés par le changement climatique.



À terme, il est envisagé de mettre en ligne la base de données avec notamment un volet de consultation des données, un volet dédié à l'aide à la décision pour les gestionnaires et un volet collaboratif (avec possibilité d'ajout de nouveaux cas d'adaptation). L'objectif est de proposer une application participative pour les utilisateurs afin d'encourager le partage des bonnes pratiques d'adaptation, l'enrichissement mutuel continu et le développement des interactions avec les activités à l'interface de sa propre activité. ■

### Les auteurs

Félix PHILIPPE, Emmanuel JONAS,  
Laure VIDAUD, Delphine PIAZZA-MOREL,  
Marie-Pierre ARLOT, Éric MALDONADO  
et Jean-Marc TACNET

Univ. Grenoble Alpes, Irstea, ETNA, LESSEM,  
38000 Grenoble, France.

✉ [felix.philippe@irstea.fr](mailto:felix.philippe@irstea.fr)  
✉ [emmanuel.jonas@irstea.fr](mailto:emmanuel.jonas@irstea.fr)  
✉ [laure.vidaud@irstea.fr](mailto:laure.vidaud@irstea.fr)  
✉ [delphine.piazza-morel@irstea.fr](mailto:delphine.piazza-morel@irstea.fr)  
✉ [marie-pierre.arlot@irstea.fr](mailto:marie-pierre.arlot@irstea.fr)  
✉ [eric.maldonado@irstea.fr](mailto:eric.maldonado@irstea.fr)  
✉ [jean-marc.tacnet@irstea.fr](mailto:jean-marc.tacnet@irstea.fr)

### EN SAVOIR PLUS...

① PHILIPPE, F., JONAS, E., VIDAUD, L., PIAZZA-MOREL, D., ARLOT, M-P., MALDONADO, E., TACNET, J-M., 2017, *Démarche de modélisation intégrée d'un système territorial de moyenne montagne - Rapport technique synthétique sur la modélisation UML - Modèle MAIA (modélisation améliorative et intégrée de l'adaptation) - Projet GICC-ONERC AdaMont, Impact du changement climatique et adaptation en territoire de montagne 2015-2017*, 42 p.

② MORLEY, C., HUGUES, J., LEBLANC, B., 2002, *UML pour l'analyse d'un système d'information - Le cahier des charges du maître d'ouvrage*, Dunod, 2<sup>e</sup> édition.

③ [www.omg.org/uml](http://www.omg.org/uml)