

## ASPIRE : un cadre méthodologique pour l'appréciation du succès des projets d'ingénierie et de restauration écologiques : application à une opération de restauration d'une zone humide d'altitude

**Du fait de la multiplicité des dimensions des projets de restauration, peu de retours sont réalisés pour évaluer leur réussite. Ces retours sont pourtant nécessaires à l'élaboration de projets futurs plus efficaces. Le cadre méthodologique ASPIRE a pour but de permettre une appréciation globale du projet en s'appuyant notamment sur les variables (mesures prises sur le terrain), les objectifs de la réhabilitation et le projet en lui-même.**



La prise de conscience écologique de ces dernières décennies a permis la mise en place de nombreux projets d'ingénierie écologique et de restauration écologique à grande échelle. Ces projets ont pour caractéristiques de faire intervenir de nombreux acteurs et d'avoir des objectifs multiples (de fonctionnement, de diversité, de dynamique, d'usage, etc.). C'est le cas par exemple de l'ingénierie écologique qui peut se définir par ses deux dimensions, à la fois par le vivant et pour le vivant. C'est aussi le cas d'opérations de restauration écologique, dont les objectifs peuvent être de rétablir le fonctionnement de l'écosystème, de favoriser certains services écosystémiques ou encore des attributs particuliers de la biodiversité. Lorsqu'un même projet doit répondre à des objectifs multiples, il est parfois difficile d'en définir le succès. Or, pouvoir l'évaluer est crucial, car cela doit permettre de dire si la gestion du projet doit être adaptée pour augmenter son succès, ou si un projet similaire doit pouvoir être reproduit.

Nous proposons ici un cadre méthodologique permettant une appréciation du succès d'un projet dans toutes ses dimensions, le succès étant défini comme « l'atteinte des objectifs fixés lors de la mise en place du projet » (Kentula, 2000 ; Lewis, 1990).

Ce cadre méthodologique, nommé ASPIRE pour « Appréciation du Succès des Projets d'Ingénierie et de Restauration Écologiques », se veut une méthode simple d'utilisation permettant une appréciation globale, par différents acteurs, d'un projet aux objectifs multiples. C'est une méthodologie mais aussi une plateforme de calcul en ligne. Le cadre ASPIRE a également la particularité de rendre transparente la subjectivité d'une telle appréciation par différents acteurs, et autorise la comparaison de plusieurs projets différents.

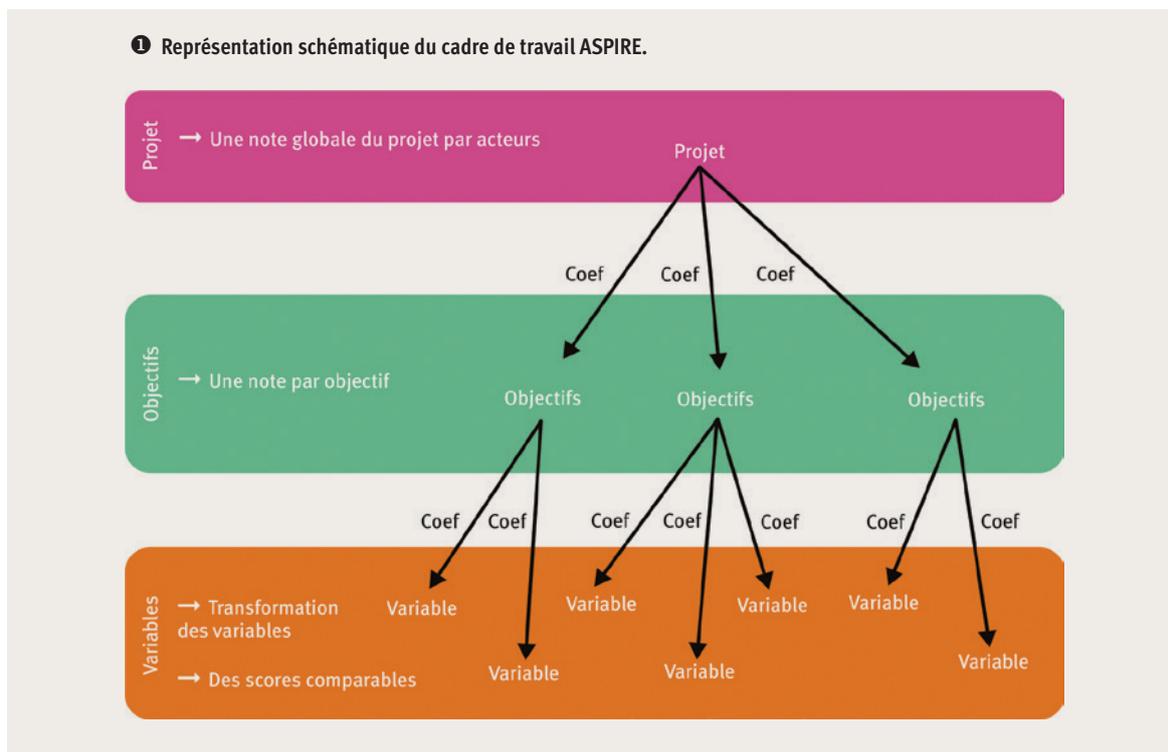
### Description du cadre méthodologique ASPIRE

#### Cadre de travail

Le cadre méthodologique ASPIRE est hiérarchisé en trois niveaux : les variables, les objectifs et le projet. La mesure ultime du succès se base sur les scores des objectifs du projet, se basant eux-mêmes sur les scores des variables de ces objectifs (figure 1).

#### Les variables

Les variables sont caractérisées en premier lieu par leurs valeurs mesurées sur le terrain du projet de d'ingénierie ou de restauration. Elles sont également caractérisées au regard de valeurs de référence, c'est-à-dire une ou plusieurs valeurs cibles que l'on cherche à atteindre



dans le cadre du projet. Il peut s'agir de valeurs issues des connaissances ou de la littérature, mais également de valeurs mesurées sur le terrain dans des écosystèmes de référence (Landres *et al.*, 1999). Enfin, un score est calculé pour chaque variable afin de pouvoir les agréger entre elles et calculer un score par objectif. Pour cela les variables sont également caractérisées par une fonction d'utilité. Il s'agit de la relation entre la valeur de la variable et la valeur du score de cette variable (encadré 1). Par défaut, il y a une relation linéaire entre la valeur de la variable et celle de son score :  $\text{score\_variable} = \text{valeur\_variable} / \text{valeur\_référence}$ . Si la valeur de la variable est inférieure à la référence (ou la moyenne de la référence), alors le score est inférieur à 1. Si la valeur de la variable est égale à la référence, le score est de 1 et au-delà le score est supérieur à 1.

### Les objectifs

Les objectifs sont constitués d'un ensemble de variables, lesquelles sont pondérées. Les coefficients les plus forts doivent être attribués aux variables qui :

- contribuent le plus à l'objectif ;
- sont des mesures directes (par exemple, la mesure de la richesse en coléoptères saproxyliques est une mesure directe de la diversité, alors que le volume de bois mort en est une indirecte, bien que corrélée) ;
- sont indicatrices d'une dynamique future ou dont la valeur a un effet sur d'autres variables.

Cependant, s'il est connu que deux variables ont des effets positifs l'une sur l'autre, un coefficient moindre devra leur être attribué, de façon à ce que la valeur de la somme de leurs coefficients ne gonfle pas artificiellement leur importance. Le score global de l'objectif est une moyenne pondérée des scores de ses variables. Lors de l'utilisation du cadre méthodologique ASPIRE, il n'est en revanche pas prévu que les différents acteurs puissent

attribuer des coefficients différents aux variables en fonction de leurs propres priorités. Par conséquent, de même que les acteurs ont atteint un compromis lors de la définition du projet, il doivent trouver un compromis dans l'attribution des coefficients des variables pour chaque objectif.

### Le projet

Le projet est constitué d'un ensemble d'objectifs et d'un ensemble d'acteurs. Chaque acteur fixe un coefficient correspondant à l'importance qu'il accorde à chaque objectif. Un score global du projet est calculé du point de vue de chaque acteur. Il équivaut à la moyenne des scores des objectifs pondérés par leurs coefficients donnés par chacun des acteurs. Il y a alors autant de scores globaux que d'acteurs. Cela permet de rendre transparente la subjectivité dont les acteurs pourraient faire preuve en appréciant le succès d'un projet, en fonction de ses propres affinités pour tel ou tel objectif.

### Utilisation du cadre de travail

Après avoir caractérisé chacun de ces niveaux hiérarchiques, le cadre de travail ASPIRE permet de calculer les scores des variables, les scores des objectifs et enfin les scores du projet pour chaque acteur. Il permet également de produire des graphiques illustrant les valeurs de ces différents scores. Le cadre de travail a été développé sur le logiciel R et peut être utilisé via une plateforme Shiny (Chang *et al.*, 2015) disponible en ligne (<http://aspire-project.irstea.fr/>). Pour utiliser le cadre de travail ASPIRE, l'utilisateur n'a que trois tableaux sous un format relativement simple à fournir (encadré 2). Les tableaux de sortie et les graphiques sont générés automatiquement par la plateforme et permettent de visualiser le succès de chacune des variables, de chacun des objectifs et de l'ensemble du projet.

## 1 UTILISATION DU CADRE DE TRAVAIL ASPIRE

### Les tableaux d'entrées des données

Afin de faire fonctionner le cadre de travail ASPIRE, il faut fournir trois tableaux (figure 2).

Le premier tableau correspond à la description du projet. La première colonne donne les noms des objectifs et les colonnes suivantes correspondent aux coefficients des objectifs pour chacun des acteurs. Les noms de ces colonnes correspondent aux noms des acteurs.

Le deuxième tableau correspond à la description des objectifs. La première colonne donne le nom des variables.

La deuxième colonne correspond aux fonctions d'utilité utilisées. Les colonnes suivantes donnent les coefficients des variables pour chaque objectif. Pour des calculs de scores équilibrés, un seul coefficient par variable est différent de zéro, il correspond à l'objectif auquel appartient cette variable.

Le dernier tableau correspond à la description des variables : il contient les valeurs de ces variables ou celles de leurs références. Le tableau contient deux sous-ensembles. Les premières colonnes correspondent aux valeurs prises par les variables lors des suivis sur le projet. Les colonnes suivantes contiennent les valeurs de références pour chacune des variables. Chaque colonne peut contenir une ou plusieurs valeurs. Si jamais l'ensemble des cellules ne peut être rempli, alors il faut remplacer le contenu par « NA » pour les valeurs manquantes (NA = *Non Available value*), comme par exemple dans la dernière colonne de la figure 2. Il est important de bien respecter quelques consignes de syntaxe pour que le cadre de travail ASPIRE « reconnaisse » les différentes composantes :

- la première colonne du tableau Projets doit se nommer « Objectifs » ;
- les deux premières colonnes du tableau Objectifs doivent se nommer respectivement « Variables » et « Utilite » ;
- les noms des objectifs dans le tableau Projet doivent strictement correspondre aux noms des objectifs dans le tableau Objectifs ;
- les noms de ces colonnes doivent correspondre strictement aux noms des variables données dans le tableau Objectifs ;
- à chaque colonne du premier sous-ensemble du tableau Variables doit correspondre dans le deuxième sous-ensemble une colonne avec les valeurs de références, avec le même nom de variable suivi du suffixe « \_Ref » ;
- le séparateur de décimal doit être un point « . » ;
- les noms des objectifs et des variables ne peuvent contenir d'espaces, le mieux est de remplacer les éventuels espaces par « \_ » ;
- les cellules de la colonne « Utilite » du tableau Objectifs ne peut prendre que les valeurs « continu », « seuil », « pas » et « bosse » ;
- chacun des tableaux doit être enregistré au format .txt (séparateur : tabulation).

### La fonction d'utilité

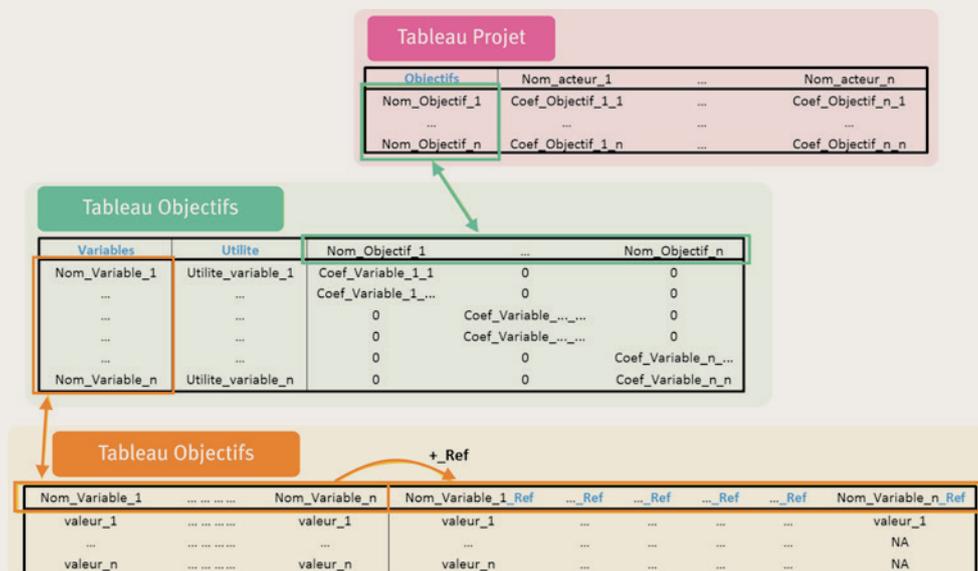
La fonction d'utilité est la relation entre la valeur de la variable et la valeur du score de cette variable.

Avec une fonction d'utilité « continu », il y a une relation linéaire entre la valeur de la variable et celle de son score :

$\text{score\_variable} = \text{valeur\_variable} / \text{valeur\_référence}$ . Si la valeur de la variable est inférieure à la moyenne de la référence, alors le score est inférieur à 1. Si la valeur de la variable est égale à la référence, le score est de 1, et au-delà le score est supérieur à 1. Ce choix doit être fait seulement si une valeur supérieure à la référence est un point positif pour le projet.

La fonction d'utilité « seuil » est identique à « continu » sauf que lorsque la valeur mesurée dépasse celle de la référence, le score reste à 1. Ce choix doit être fait lorsqu'une valeur supérieure à la référence n'apporte pas plus au succès du projet que la valeur de référence. Si l'utilité est « pas », alors le score de la variable est de 0 si la valeur est inférieure à la référence, 1 si supérieure ou égale. Ce choix doit être fait lorsque des valeurs positives de la variable n'ont pas d'intérêt pour le projet à moins d'atteindre la valeur de la référence. Si jamais un dépassement de la valeur de référence est négatif pour le succès du projet, il faut alors choisir l'utilité « bosse » pour laquelle le score augmente jusqu'à 1 pour la valeur de la référence puis diminue.

### 2 Représentation schématique des trois tableaux d'entrées du cadre de travail ASPIRE.

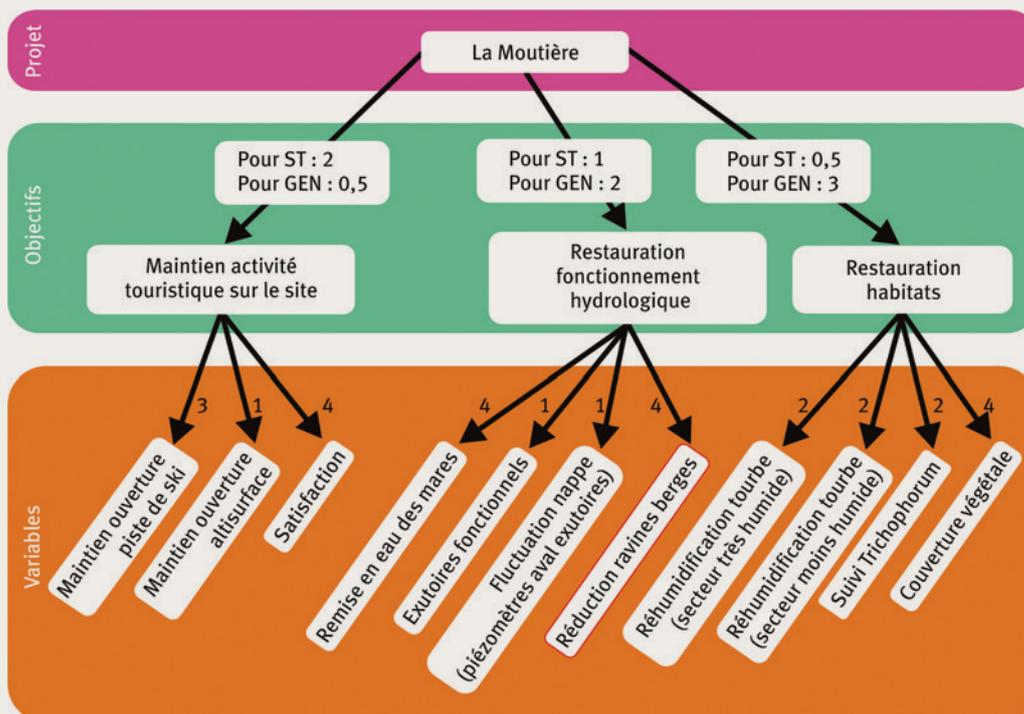


### Exemple d'utilisation avec le projet de la Moutière

Le projet de la Moutière est un projet de réhabilitation d'une zone humide sur un domaine skiable. Les infrastructures liées à ce domaine telles qu'une gare d'arrivée de téléphérique, des voies de circulation, un altisurface ou des réseaux d'enneigeurs ont significativement altéré une zone humide d'importance située sur un domaine skiable du massif de la Vanoise. En effet, des mares ont été asséchées, certains flux sont concentrés et entraînent de l'érosion de berges et de surfaces tourbeuses ainsi que des incisions de cours d'eau. Afin d'améliorer le fonctionnement de la zone humide, tout en permettant l'exploitation touristique de la zone, un projet de restauration a été mis en place: une réhabilitation globale pour traiter l'ensemble des perturbations simultanément tout en maintenant l'activité touristique sur le site (Gaucherand et Isselin-Nondedeu, 2011). Le projet est constitué de trois objectifs : la restauration du fonctionnement hydrologique, la restauration de l'habitat et le maintien de l'activité touristique. Chaque objectif a été appréhendé par trois à quatre variables (figure 3). L'objectif maintien de l'activité touristique est constitué de trois variables: le maintien de l'ouverture des pistes de ski (inverse de la proportion des journées fermées à cause de la zone humide sur la saison de ski), maintien de l'ouverture de l'altisurface (inverse de la proportion des journées

fermées à cause de la zone humide sur l'année) et satisfaction (proportion d'année sans plaintes des usagers liés à la présence de la zone humide). L'objectif restauration du fonctionnement écologique est composé de quatre variables : la remise en eau des mares (nombre de jour sans assèchement), les exutoires fonctionnels (nombre d'exutoires permettant l'écoulement des eaux), les fluctuations de la nappe en aval (fluctuation comprises dans la gamme de variation des piézomètres de référence) et la réduction de la ravine des berges (pourcentages de berges sans ravines). Quant à l'objectif restauration des habitats, il est constitué de quatre objectifs : la réhumidification de la tourbe dans les secteurs très humide et moins humide (fluctuation comprises dans la gamme de variation des piézomètres de référence), la survie des *Trichophorum alpinum* (L.) Pers. (taux de survie cinq ans après les transplantations) et la couverture végétale (pourcentage de recouvrement). Les acteurs du projet sont la société touristique et le gestionnaire d'espaces naturels, chacun accordant des importances différentes aux trois objectifs (figure 3). Le cadre de travail ASPIRE permet d'observer rapidement les objectifs aux meilleurs taux de réussite (restauration des habitats) ou les variables avec le plus de succès (survie des *Trichophorum*) (figure 4). Ces différents succès permettent de comprendre les scores globaux du projet qui diffèrent légèrement selon le point de vue des deux acteurs (ST – société touristique: 71% et GEN – gestionnaires d'espaces naturels : 69%).

3 Représentation schématique du cadre de travail ASPIRE dans le cadre du projet de restauration de zone humide de la Moutière. Les encadrés blancs sur les flèches noires donnent les coefficients pour les objectifs par acteur (ST : société de tourisme ; GEN : gestionnaires d'espaces naturels), ils ont été attribués a posteriori en fonction des attentes estimées des acteurs. Les chiffres noirs dans l'encadré orange donnent les coefficients des variables.



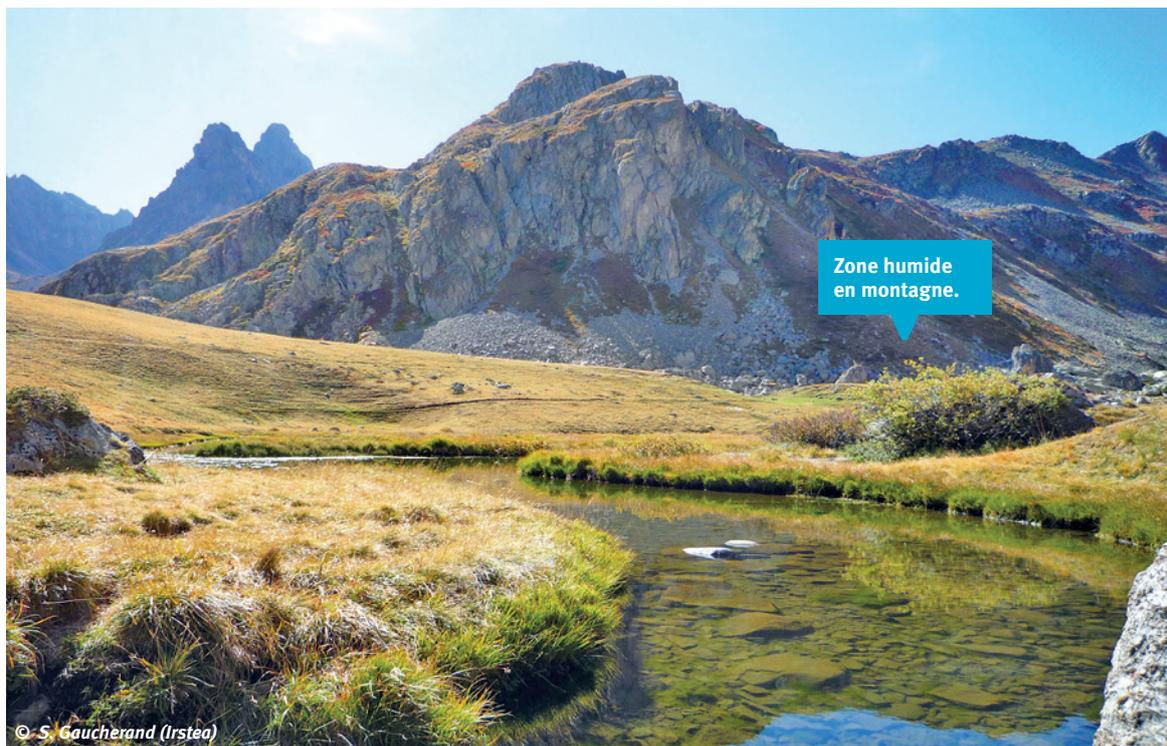
**Avantages et limites d'ASPIRE**

Comme nous l'avons vu, ASPIRE permet d'obtenir une appréciation globale d'un projet d'ingénierie ou de restauration écologique. Nous devons cependant attirer l'attention sur le fait que le succès d'un projet ne saurait se limiter à son seul score global. Pour cette raison, les sorties tableaux et graphiques de la plateforme ASPIRE ne fournissent jamais le score global du projet comme sortie unique. Ce score doit être mis en relation avec ceux des objectifs, eux-mêmes lus à travers le prisme des scores des variables. Les sorties graphiques permettent de souligner les variables ou objectifs aux scores particulièrement faibles, nécessitant par exemple des efforts de gestion appuyés.

L'originalité de ce cadre méthodologique réside dans les coefficients attribués par les acteurs aux objectifs. Ils permettent de rendre transparente la subjectivité que pourrait avoir chaque acteur dans l'appréciation du succès d'un projet, et ce par le biais de l'attribution de coefficients aux différents objectifs. L'attribution des coefficients est une étape clé de ce cadre de travail, elle doit être réalisée en amont de toute mesure des variables, afin d'éviter des ajustements *a posteriori* des coefficients qui permettraient une manipulation des scores. De plus, il semble intéressant que l'attribution des coefficients par chacun des acteurs soit justifiée auprès des autres. Cela permettrait de faire comprendre à tous les attentes de chacun dans les objectifs du projet. L'avantage de cette

④ Exemples de sorties graphiques disponibles via ASPIRE, dans le cadre du projet de restauration de zone humide de la Moutière. Des diagrammes en barres (A) et diagrammes radar (B,C) peuvent être automatiquement générés, les résultats étant donnés par objectifs (A,B), toutes les variables ensemble (C) ou bien par acteur.





© S. Gaucherand (Irstea)

méthodologie est que les scores calculés pour différents acteurs se basent tous sur un même jeu de variables mesurées ou estimées sur le terrain. Ce n'est qu'à partir des différents coefficients donnés par les acteurs que leurs scores vont se différencier.

Une des limites d'ASPIRE est de restreindre le succès à des indicateurs numériques. Cela peut être perçu comme un point positif puisque cela force à penser des objectifs précis que l'on saura mesurer. Cependant certains objectifs louables comme « contribuer à l'arrêt de l'érosion de la diversité » ne devraient pas être abandonnés au profit d'autres plus facilement quantifiables. Il sera donc important d'approcher ce type d'objectif avec de nombreux indicateurs en tant que variables de mesure.

Enfin, le cadre de travail ASPIRE permet non seulement d'évaluer le succès global d'un projet mais également d'apprécier les réussites d'un ensemble de projets. En agrégeant les données pour différents projets, cela pourrait permettre de répondre à des questions importantes telles que : « quelles sont les techniques favorisant la réussite des projets? », « quels objectifs sommes-nous réellement capables d'atteindre dans l'état actuel des connaissances? » ou encore « quels acteurs sont satisfaits par tel ou tel type de projet? ». ■

### Les auteurs

#### **Renaud JAUNATRE, Stéphanie GAUCHERAND et Freddy REY**

Université Grenoble-Alpes, Irstea, UR EMGR, Écosystèmes montagnards, BP 76, F-38402 Saint-Martin-d'Hères, France.

✉ [renaud.jaunatre@irstea.fr](mailto:renaud.jaunatre@irstea.fr)

✉ [stephanie.gaucherand@irstea.fr](mailto:stephanie.gaucherand@irstea.fr)

✉ [freddy.rey@irstea.fr](mailto:freddy.rey@irstea.fr)

#### **François GUÉROLD**

UMR CNRS 7360, Université de Lorraine, Laboratoire interdisciplinaire des environnements continentaux,

Campus Bridoux, Bât. IBISE,

8 rue du Général Delestraint, F-57070 Metz, France.

✉ [francois.guerold@univ-lorraine.fr](mailto:francois.guerold@univ-lorraine.fr)

#### **Serge MULLER**

Museum National d'Histoire Naturelle, UMR CNRS, MNHN, UPMC, EPHE 7205, Institut de Systématique, Évolution, Biodiversité, 45 rue Buffon, CP 50, F-75005 Paris, France.

✉ [smuller@mnhn.fr](mailto:smuller@mnhn.fr)

### EN SAVOIR PLUS...

▣ **CHANG, W., CHENG, J., ALLAIRE, J., XIE, Y., MCPHERSON, J.**, 2015, Shiny: Web Application Framework for R.

▣ **GAUCHERAND, S., ISSELIN-NONDEDEU, F.**, 2011, Utilisation du système d'information géographique comme outil de gestion de zones humides d'altitude : le cas du domaine skiable de Val Thorens, *Sciences Eaux et Territoires*, n° 5, p. 60-64, disponible sur :

<http://www.set-revue.fr/cas-pratique-utilisation-du-systeme-dinformation-geographique-comme-outil-de-gestion-de-zones>

▣ **KENTULA, M.E.**, 2000, Perspectives on setting success criteria for wetland restoration, *Ecological Engineering*, n° 15, p. 199-209, doi:10.1016/S0925-8574(00)00076-8

▣ **LANDRES, P.B., MORGAN, P., SWANSON, F.J.**, 1999, Overview of the Use of Natural Variability Concepts in Managing Ecological Systems, *Ecological Applications*, n° 9, p. 1179-1188, doi:10.1890/1051-0761(1999)009[1179:OOTUON]2.0.CO;2

▣ **LEWIS, R.R.I.**, 1990, Wetlands restoration/creation/enhancement terminology: suggestions for standardization, in: *Wetland Creation and Restoration: The Status of the Science*, KUSLER, J.A., KENTULA, M.E., p. 417-422.