

« HYDROFLIP » : UN JEU D'ENQUETE ET D'ORIENTATION SUR LES EAUX SOUTERRAINES D'UN PLATEAU CALCAIRE

Gilles CONNES

Professeur des Écoles, École Publique du Crès, Circonscription de Millau

Éric SANCHEZ

INRP Lyon, Équipe EducTice

Éric TRIQUET

IUFM – Université Joseph Fourier, Laboratoire LEPS – Lyon 1

La région des Grands Causses (Aveyron, Gard, Lozère, Hérault) est constituée de plateaux calcaires, creusés de gorges encaissées (gorges du Tarn). On y rencontre toutes les particularités d'un relief karstique : grottes, avens, dolines, paysages ruiniformes, résurgences¹... De tout temps, l'homme a utilisé les cavernes pour de nombreux usages : approvisionnement en eau potable, abri pour les hommes et les troupeaux, nécropole, refuge, forteresse, cave à fromage, et plus récemment pour l'aménagement touristique. Pour valoriser ce patrimoine, la communauté de commune de Millau a lancé en 2006, une réflexion sur la création d'une « Maison des Mondes souterrains ».

Professeur des écoles et spéléologue passionné par la région des Grands Causses, je tente depuis longtemps de faire passer mes connaissances et mon intérêt pour ce milieu naturel et humain, à mes élèves et à mes amis.

Ce projet à vocation éducative et pédagogique est orienté vers les scolaires, mais aussi le grand public. Il comporte une partie muséographique et une partie ouverture sur le territoire des Grands Causses avec des aménagements de sentiers d'interprétation et d'itinéraires de découverte.

Dans le cadre d'un mémoire de Master HPDS (Histoire, Philosophie et Didactique des Sciences), commun aux universités de Lyon et Montpellier et codirigé par Éric Sanchez et Éric Triquet, nous avons créé et expérimenté le jeu « Hydroflip » dans un site naturel

¹ *Aven* : gouffre, cavité verticale résultant de la dissolution du calcaire. *Doline* : dépression ovale ou circulaire dans un relief calcaire. *Ruiniformes* : roches calcaires sculptées par l'érosion dont le relief évoque la forme de ruines. *Résurgence* : source, correspondant à la réapparition d'une rivière de surface ayant effectué un parcours souterrain.

remarquable situé en bordure du causse calcaire du Larzac : le cirque du Boundoulaou. Le jeu « Hydroflip » est basé sur un scénario : le captage d'eau potable d'un petit village est frappé par une pollution subite rendant malades une partie des habitants. L'affolement gagne le village ; d'où l'appellation du jeu « Hydro » pour l'eau, et « Flip », la peur dans le langage « jeun's ». Ce scénario va servir de prétexte pour lancer une enquête où les participants vont acquérir des connaissances sur le milieu naturel et humain d'un plateau calcaire. Ce jeu, conçu à la fois comme une enquête et un parcours d'orientation, préfigurait l'implantation d'un sentier d'interprétation destiné à la fois aux scolaires et au grand public (cf. synoptique de présentation du jeu en Annexe 1). Même si les premières expériences ont été testées avec des classes de primaire et collège, ce jeu sort du contexte scolaire traditionnel.

Introduction

Dans une perspective socioconstructiviste, nous pensons avec Bachelard (1938) que « *Toute connaissance est une réponse à une question que l'on se pose.* » Comment utiliser les ressources d'un site naturel exceptionnel pour transmettre des connaissances sur la géologie d'un plateau calcaire, les eaux souterraines et la pollution ? Quelle démarche didactique choisir pour intéresser des publics variés et les faire entrer dans un questionnement scientifique ? Comment cette démarche peut-elle également provoquer une prise de conscience d'enjeux écologiques et environnementaux plus universels (impact de l'activité humaine, complexité, beauté et fragilité des milieux naturels, etc.) ?

Pour tenter de répondre à ce questionnement, nous avons fait l'hypothèse qu'un jeu basé sur une situation d'enquête et d'orientation se déroulant sur terrain, pourrait amener un public assez large à entrer dans un questionnement scientifique.

Dans cet article, nous présentons l'évolution historique des connaissances scientifiques (impliquées dans le jeu) sur les sources et la formation des cavernes. Nous les mettons en correspondance avec les conceptions des élèves. Nous ferons ensuite une présentation du jeu dont nous réalisons une caractérisation didactique. Pour terminer nous envisageons les possibilités d'adaptation du jeu pour un parcours d'interprétation permanent, tout public.

Enjeux de savoirs

Les connaissances concernant le milieu souterrain s'appuient sur plusieurs disciplines scientifiques (géologie, biologie, préhistoire, spéléologie). Les thèmes abordés sont très variés. Ils peuvent aller de l'histoire de l'utilisation de cavernes par l'homme, à la géologie des plateaux calcaires, en passant par l'adaptation des animaux au milieu cavernicole ou par les mythes et légendes associés aux grottes.

L'objectif central du jeu « Hydroflip » est de mieux comprendre, la formation d'un karst (grottes, gouffres...), le cheminement de l'eau (de pluie) à travers le plateau calcaire et par la même, le fonctionnement des sources et leur vulnérabilité aux pollutions². Si les savoirs ne peuvent être calqués sur le programme d'une classe, de nombreux éléments de plusieurs

² La difficulté du jeu « Hydroflip » a été ciblée pour des élèves de fin du primaire (CM) et du collège. Il peut correspondre à un niveau moyen de la population française souvent néophyte en géologie. Pour une visite du site dans un cadre familial, ce niveau serait sûrement adapté.

disciplines des programmes de primaire, collège et lycée peuvent s'y retrouver (voir les exemples ci-après).

– Extraits des programmes de primaire 2008 - Cycle 3

○ Sciences expérimentales et technologie

La matière : l'eau une ressource, le trajet de l'eau dans la nature, le maintien de sa qualité pour ses utilisations.

Les êtres vivants dans leur environnement : l'adaptation des êtres vivants aux conditions et au milieu.

○ Géographie

Des réalités géographiques locales à la région où vivent les élèves - un sujet d'étude au choix permettant une première approche du développement durable : l'eau dans la commune (besoins et traitement) (...).

○ Français

Langage oral : expliciter un raisonnement, présenter des arguments, dans des situations d'échange variées.

Lecture, écriture : compréhension de textes informatifs et documentaires.

– Extraits des programmes du collège – 2006 – classe de 5^{ème}

○ Sciences de la Vie et de la Terre

La terre change en surface :

- Évolution des paysages : roches, eau, atmosphère, êtres vivants ;

- Les roches sédimentaires ;

- L'environnement géologique procure à l'homme des ressources. L'homme est responsable de son environnement. Les activités humaines peuvent polluer l'eau.

○ Géographie

Les enjeux du développement durable – Ces enjeux sont abordés à partir d'une étude de cas au choix : un enjeu d'aménagement dans un territoire (gestion de l'eau, déchets, transports et déplacements, etc.). L'étude de cas débouche sur une approche de la notion de développement durable.

Des hommes et des ressources. La question de l'accès à l'eau. La ressource en eau.

Conceptions préalables des élèves

Nous avons essayé de mettre en lumière les conceptions des élèves sur les cavernes et les eaux souterraines, ainsi que les modèles explicatifs qu'ils utilisent pour interpréter ces phénomènes.

D'un point de vue didactique, nous cherchions à détecter d'éventuels obstacles épistémologiques, didactiques, culturels pouvant s'opposer aux apprentissages. Pour élaborer les situations du jeu « Hydroflip », nous avons donc essayé de prendre en compte ces conceptions initiales pour les faire évoluer en les confrontant à un cas concret de résolution d'une enquête scientifique. Les élèves pouvaient ainsi tester la valeur explicative de leurs modèles.

Les cavernes et les eaux souterraines : approche historique et conceptions des élèves

« Les modèles spontanés des élèves ont des ressemblances troublantes avec les modèles initiaux des scientifiques. Là où ont buté les chercheurs, les élèves rencontrent aussi des difficultés » (D. Fabre, 1997)

Nous avons réalisé une analyse de l'évolution historique des connaissances sur les grottes et les eaux souterraines. Nous en présentons un résumé très rapide, que nous croiserons avec les conceptions des élèves de CM et de 5^{ème} recueillies avant les séquences d'apprentissage.

Le recueil de données a été réalisé dans une classe de 22 élèves du cours moyen (CM1 et CM2) de l'école de Creissels et dans une classe de 22 élèves de 5^{ème} du collège Marcel Aymard de Millau.

Le cycle de l'eau est inscrit au programme du cycle 2 de primaire. Tous les élèves l'avaient déjà abordé en classe au cours des années précédentes. Les conceptions portent donc en partie la trace des enseignements du primaire. La formation des cavernes n'est pas au programme du primaire. On peut considérer que les conceptions des CM témoignent, essentiellement, d'apports extérieurs à la classe. En 5^{ème}, le questionnaire est passé au début des séquences de géologie. Les élèves venaient de faire une sortie terrain centrée sur le rôle de l'eau dans l'érosion. Ces connaissances « toutes fraîches » ont probablement beaucoup influencé les réponses.

Pour recueillir leurs modèles explicatifs spontanés, nous avons proposé aux élèves de répondre à une question ouverte et de dessiner un schéma légendé. Sur une fiche, il fallait expliquer comment se forment les grottes et les gouffres, sur l'autre d'où vient l'eau des sources³.

Origines des sources : hypothèses historiques et conceptions des élèves

De l'antiquité aux modernes, de nombreux débats et hypothèses ont fleuri pour expliquer l'origine des sources. Les Mésopotamiens (-1000) connaissaient le cycle de l'eau. Aristote et Descartes en utilisent des éléments, mais privilégient la remontée souterraine de l'eau de mer. C'est la doctrine officielle de l'église durant tout le moyen âge. Au XVII^{ème}, Palissy et Perrault, par le calcul et l'expérience, imposent la vision cyclique moderne de l'alimentation des sources. Vitruve au 1^{er} siècle présente un bon résumé des différentes hypothèses qui partagèrent les anciens aussi bien que les modernes. Nous les avons classées par types et nous les avons mis en relation avec les conceptions des élèves.

- Type 1 : les sources sont engendrées par la pluie, par infiltration.
- Type 2 : l'eau de mer remonte vers les sources par des voies souterraines.
- Type 3 : les rivières proviennent d'énormes réservoirs souterrains.

³ Pour la fiche grottes : Comment penses-tu que se forment les grottes et les gouffres ? Fais un schéma d'une caverne pour expliquer comment elle se forme, avec des indications (étiquettes et flèches par exemple).

Pour la fiche source : D'où peuvent venir les sources et les rivières qui sortent de terre ? Fais un schéma (avec flèches et étiquettes) pour expliquer d'où vient l'eau qui sort de terre.

- Type 4 : l'air se change en eau dans les cavités profondes. Ou bien, il y a transmutation entre éléments : air et terre se changent en eau.

Les élèves rajoutent une autre hypothèse :

- Type 5 : l'eau est « produite » par l'homme. Elle arrive de canalisations.

Les résultats sont présentés dans le Tableau 1 ci-dessous. Des exemples de productions d'élèves sont également présentés en Annexe 3.

Origine	Pluviale	Remontée de l'Océan	Réservoirs souterrains	Condensation-transmutation	Humaine	Total
CM	7	2	9	2	2	22
5 ^{ème}	7	-	8	1	-	16

Tableau 1 – Synthèse des conceptions des élèves sur l'origine des sources

Formation des cavernes : hypothèses historiques et conception des élèves

L'un des phénomènes naturels que les Anciens ont le mieux observé et décrit est celui des pertes et résurgences de rivières qui abondent dans les régions calcaires de Grèce. Mais il faudra attendre les géologues et géographes du XVIII^{ème} et XIX^{ème} pour poser les fondements des processus de creusements des cavernes : tectonique, hydrologie. E.A Martel (1894), explorateur et hydrogéologue, établit la première théorie « spéléogénétique » (fissuration, action des eaux courantes, percée hydrogéologique...). Au XX^{ème} siècle, les théories sont approfondies par la géologie moderne (processus physicochimiques...).

Nous récapitulons ici chronologiquement les principales hypothèses historiques sur le creusement des cavernes. Une typologie est proposée par comparaison aux conceptions des élèves.

- Type 2 : interprétations catastrophistes (tremblement de terre, éboulements...).
- Type 3 : actions thermo minérales profondes (visions infernales).
- Type 1 : spéléogénétique moderne : fracturation, action de l'eau (t°, CO₂, etc.).

Les élèves proposent des explications plus variées :

- Type 1 : l'eau ou l'érosion.
- Type 2 : des catastrophes (éboulements, tremblement de terre, etc.).
- Type 3 : le volcanisme.
- Type 4 : la formation de la roche. « Des trous » se forment en même temps.
- Type 5 : le temps, la nature.
- Type 6 : la dessiccation de la terre. Des vides se créent lorsque l'eau « sèche ».
- Type 7 : l'action de l'homme (actuel ou préhistorique). C'est lui qui excave les grottes.
- Type 8 : sans cause définie. Seule la matrice est évoquée : terre, sable, caillou, calcaire.

Les résultats sont présentés dans le tableau 2 ci-après, et des exemples de productions d'élèves se trouvent en Annexe 4.

Formation des cavernes	Type 1	Type 2	Type 3	Type 4	Type 5	Type 6	Type 7	Type 8	Total
Classe CM1/2	9	2	1	1	2	1	2	4	22

Tableau 2 – Synthèse des conceptions des élèves sur la formation des cavernes

Conclusion de l'analyse des conceptions

Le rapprochement entre conceptions d'élèves et hypothèses historiques, fait apparaître de nombreux points communs. Par exemple, des élèves (comme certains auteurs anciens) pensent que les sources arrivent de l'océan par des rivières souterraines, d'autres qu'elles viennent d'immenses réservoirs souterrains (isolés). Plus de la moitié des élèves (CM et 5ème) n'associent ni origine des sources et eaux de pluie, ni creusement des cavernes et action de l'eau. Ces conceptions ne s'érigent pas forcément en obstacles épistémologiques, mais devront évoluer pour intégrer le modèle du karst.

Les différentes situations du jeu Hydroflip vont par une suite de problèmes proposés aux élèves, essayer de faciliter la construction de notions scientifiques et au final, de provoquer chez eux des changements conceptuels.

Par exemple, dans la résolution de l'enquête sur la pollution du captage, les élèves sont amenés à mettre en évidence le cheminement de l'eau de pluie à travers le karst. Ce modèle implique une communication des aquifères avec les eaux de surface, et fait le lien entre creusement des cavernes et rivières souterraines.

De plus ce recueil de conceptions permet de faire un « état des lieux » des connaissances avant les apprentissages. Il peut être utile pour évaluer les effets du jeu sur les élèves.

Apports des cadres théoriques

Deux cadres théoriques principaux, habituellement utilisés dans des domaines très différents ont guidé la construction du jeu « Hydroflip » : la Théorie des Situations Didactiques (TSD) (Guy Brousseau, 1998) et la démarche d'interprétation (Tilden, 1957).

La théorie des situations didactiques

La théorie des situations didactiques (TSD) est une démarche didactique développée par Guy Brousseau, dans les années 80-90, pour l'enseignement des mathématiques. Elle s'intéresse plus spécifiquement aux conditions qui facilitent la transmission des savoirs scientifiques, et provoquent des changements conceptuels chez les élèves. Elle propose en particulier les notions de situation fondamentale et de situation adidactique.

Une situation *adidactique* est une situation construite par l'enseignant où l'élève s'engage ou joue, sans avoir conscience de construire des apprentissages. C'est-à-dire indépendamment des attentes de l'enseignant. Le milieu didactique doit être **organisé à cet effet par l'enseignant**. Pour Brousseau :

« L'élève apprend en s'adaptant à un milieu qui est facteur de contradictions, de difficultés, de déséquilibres...L'adaptation de l'élève se manifeste par les réponses nouvelles qui sont la preuve de l'apprentissage » (Brousseau, 1998, p. 59)

Dans une situation fondamentale, un problème ou un réseau de problèmes fait apparaître un savoir donné comme indispensable pour atteindre la solution.

La démarche d'interprétation

Dans les années d'après-guerre, le canadien Freedman Tilden participa aux premiers travaux d'interprétation des parcs naturels, des sites et des monuments historiques américains. Il définit les principes de base et la philosophie de la « démarche d'interprétation ». L'interprétation vise autant à provoquer la réflexion sur l'intérêt d'un site qu'à apporter des connaissances. Elle cherche à s'ancrer dans la personnalité ou l'expérience du visiteur pour « révéler » l'intérêt du site à travers un fil conducteur (le thème). Elle vise également à transmettre des valeurs et à protéger le site.

Complémentarité des cadres théoriques

Nous avons tenté d'utiliser la spécificité et la complémentarité de ces deux cadres théoriques pour créer des situations de jeu adaptées à l'hétérogénéité des motivations des visiteurs :

- Les scolaires : dans le cadre de l'école (qui est généralement celui d'utilisation de la TSD), les élèves sont tenus par un contrat didactique implicite. Ils doivent participer aux activités proposées pour développer des apprentissages.
- Le grand public : les visiteurs, eux, n'ont aucune obligation d'apprentissage. Ils sont guidés par le plaisir, la détente, la curiosité, mais ils sont souvent dans l'attente (implicite) d'une révélation qui justifie leur visite.

Centrée sur la construction de situations favorisant les apprentissages, la TSD considère l'élève comme un sujet « épistémique » (idéalement motivé). Pour faire passer son message auprès du grand public, l'interprétation tente, elle, de prendre en compte la dimension psychoaffective du visiteur. Ses révélations, dit Tilden, doivent trouver une résonance dans la sensibilité de l'individu, « *sinon, il ne vous quittera peut-être pas physiquement, mais vous aurez perdu son intérêt* » (Tilden, 1957).

L'approche de l'interprétation nous enseigne que tous les visiteurs ne viennent pas forcément sur un site, pour y apprendre des choses. La théorie des situations didactiques nous propose la notion d'« adidacticité », c'est-à-dire, la possibilité de mettre en place des situations pédagogiques, dans lesquelles les élèves (ou le public) s'engagent sans avoir conscience que cette situation a été construite pour lui transmettre des savoirs. Nous avons essayé d'utiliser ces principes pour créer les conditions d'un jeu dans un milieu naturel.

L'approche de l'interprétation nous suggérerait de choisir un thème « universel » susceptible de s'inscrire dans la sensibilité du plus grand nombre. Le thème retenu porte sur un problème de pollution de l'eau potable d'un petit village. Ce problème de pollution, nous permettait aussi d'orienter l'enquête vers notre objectif didactique, l'acquisition de savoirs sur la géologie karstique du site du Boundoulaou. La résolution de ce problème impliquait la compréhension des écoulements des sources dans un karst. Du point de vue de la TSD, on pourrait considérer le jeu comme une « situation fondamentale » pour l'apprentissage de ce modèle géologique. Un thème environnemental « d'actualité » et le plaisir du jeu devaient être les moteurs de la dévolution de problèmes scientifiques. Le public pouvait ainsi entrer dans le jeu sans avoir l'impression d'être à l'école. Les étapes de notre enquête ont donc été conçues dans l'idée de les rendre adidactiques. Ainsi, les enjeux de savoirs restaient cachés derrière les indices permettant de résoudre l'enquête.

Présentation du jeu « Hydroflip »

La première version du jeu a été conçue et testée avec un jeune public d'école primaire et de collège. Elle peut éventuellement être adaptée pour d'autres publics.

Organisation générale du jeu

Le jeu comprend quatre phases et se déroule en trois ou quatre séances (en classe et sur le terrain):

- Présentation du jeu et recueil des hypothèses des élèves ;
- Recherche d'indices sur le terrain, dans le cirque calcaire du Boundoulaou ;
- Recherche documentaire (cartes, photos, coupe géologique, fiches explicatives) concernant le Causse du Larzac ;
- Synthèse et communication des résultats.

Une enquête et un jeu de rôle

Un scénario introduit la situation d'enquête. Dans une période de sécheresse, une pollution survient sur la source d'eau potable du village de Creissels. Des habitants tombent malades. La panique gagne le village. Les rumeurs les plus folles circulent.

Le maire fait appel à des équipes d'enquêteurs scientifiques : les élèves participant au jeu. Pour rassurer la population, les enquêteurs doivent vérifier les rumeurs, déterminer l'origine de la pollution et trouver une solution pour approvisionner le village en eau potable. À l'intérieur de chaque équipe les élèves remplissent des rôles différents (orientation, photographie, lecture de documents, rédaction). Chacun occupe tour à tour ces différents rôles.

Pour résoudre cette enquête, les participants sont amenés à utiliser (et/ou acquérir) des connaissances sur la géologie des plateaux calcaires, sur le milieu souterrain (géologie, faune), sur l'eau et les pollutions qui peuvent la menacer. L'ensemble des indices collectés dans l'enquête devrait, au final, leur permettre de comprendre le modèle de circulation de l'eau dans un karst.

Quatre équipes d'enquêteurs cherchent indépendamment, mais collaborent. Un vieux spéléologue, Daniélou, fournit des aides et surtout de la documentation qui vient enrichir les données recueillies sur le terrain. Ces aides se traduisent par une carte d'orientation du cirque du Boundoulaou avec balises, des « fiches actions » qui facilitent l'organisation en « découpant » l'enquête en étapes, en « sous problèmes » (vérification de rumeurs...), des « fiches connaissances » amenant des compléments d'informations (photo, topographie, coupe géologique...) pour interpréter le milieu naturel. Chaque fiche correspond à une ou plusieurs balises. L'ensemble de ces documents sera présenté plus en détail dans les paragraphes suivants.

En fin de jeu, les enquêteurs doivent présenter, au maire (ou conseil municipal), un compte-rendu des résultats. Ce qui implique pour les élèves un travail de présentation et de communication (élaboration d'une affiche). L'accompagnateur adulte (qui assure la sécurité) de chaque équipe peut éventuellement ternir le rôle de journaliste.

Un parcours d'orientation

Si le jeu est une enquête sur l'eau et la géologie, il est aussi conçu comme un parcours d'orientation, type « chasse au trésor », le « trésor » étant la résolution du problème de pollution. Les balises sont situées sur le terrain, à des points importants pour l'observation d'indices (géologiques ou autres) utiles pour répondre aux questions de l'enquête. Les participants doivent donc d'abord se repérer sur carte et les retrouver.

Autonomie

Pour que cette recherche soit motivante, chaque équipe doit donc être autonome et gérer son exploration du terrain et ses déductions. Pour cela, chacune suit un parcours différent. La logique de l'enquête impose de rencontrer des séries de balises dans un ordre précis (correspondant à une fiche action). Il est prévu quatre parcours identiques, mais dans un ordre différent.

Remarque : si une contrainte de temps ne permettait pas la réalisation du parcours en entier, l'ensemble des équipes aurait découvert l'ensemble des balises. Les informations pourraient être partagées.

Coopération et débat

C'est aussi un jeu de coopération et d'échange. Pour faire participer tout le monde aux réflexions et aux argumentations, l'équipe rédige sur la « fiche de résultat d'enquête », son avis et ses arguments pour répondre aux problèmes soulevés par chacune des huit « fiches action ». Après chaque phase de recherche, mise en commun et débat permettent de faire le point, de discuter et de valider les déductions avant de les présenter au maire (ou à un journaliste). Au moment du débat, chacun des participants vient présenter à tour de rôle, mais tiré au hasard, les conclusions de son équipe concernant une des fiches actions.

Exemples de fiches

Les deux fiches présentées en Annexe 2 nous semblent importantes pour s'imprégner de la « philosophie » du jeu. Elles présentent la problématique de l'enquête, les missions des enquêteurs et leurs aides.

Caractérisation didactique du jeu « Hydroflip »

Le jeu « Hydroflip » a été pensé en utilisant la théorie des situations didactiques : il vise à organiser le milieu didactique pour placer les élèves dans une situation fondamentale et dans des situations adidactiques.

Situation fondamentale

La connaissance du modèle de fonctionnement des écoulements du karst permet d'élucider l'enquête de pollution de la source. Ce savoir devrait être identifié comme fondamental pour résoudre le problème. C'est l'objectif central des apprentissages.

Situations adidactiques

L'enquête constitue un problème ouvert assez complexe. Il ne nous semblait pas à la portée d'élèves de primaire ou de collège de la résoudre en autonomie complète. Nous l'avons donc découpé en étapes, correspondant à la vérification de différentes hypothèses. Chaque étape correspond à l'une des huit « fiches actions ». Cette démarche se rapproche de celle qu'un expert pourrait mettre en œuvre. Chaque fiche action est associée à un problème.

Pour les résoudre, les élèves doivent mobiliser des connaissances spécifiques. Ainsi, les savoirs visés (fonctionnement d'un karst, connaissances sur le milieu naturel pollution des eaux souterraines, etc.) se construisent petit à petit.

Placés dans le rôle d'enquêteur scientifique, les élèves ont rempli leurs différentes missions de façon la plus autonome possible. C'est à eux que revient la responsabilité d'élucider l'enquête en interagissant avec le milieu didactique.

Ce milieu est constitué d'un environnement naturel (le cirque calcaire du Boundoulaou), d'aides documentaires (cartes, fiches actions, fiches connaissances) et d'un environnement humain (les élèves et les animateurs).

Dévolution

La dévolution est la phase durant laquelle les élèves s'approprient un problème et tente de le résoudre indépendamment des attentes de l'enseignant. Plusieurs éléments du jeu peuvent susciter intérêt et motivation des élèves et favoriser la dévolution, de problèmes scientifiques :

- Le scénario de la crise de l'eau et le rôle d'enquêteur scientifique ;
- Des rôles (orientation, photographe, rédacteur, rapporteur) et des missions (vérifier les rumeurs, etc.) ;
- Le plaisir du jeu (chasse au trésor) ;
- Un travail d'équipe (collaboration, interaction cognitive entre élèves) ;
- Des débats, une présentation des résultats de l'enquête au maire.

Mais les enjeux de connaissance ne sont pas dévoilés aux élèves. Ils se cachent derrière les indices utiles à l'enquête. C'est le propre d'une situation adidactique. Suivant la typologie de la TSD, les situations adidactiques peuvent être des situations, d'action, de formulation, ou de validation. Nous avons essayé d'organiser le jeu en étapes, présentant l'une ou l'autre de ces caractéristiques :

- Dans les **situations d'action**, les élèves peuvent tâtonner, faire des essais, tester des stratégies pour résoudre leurs problèmes. Le milieu didactique doit leur renvoyer une validation de leurs essais.
- Dans les **situations de formulation** : « *le milieu a été organisé de façon à contraindre l'élève à faire fonctionner sa connaissance pour produire des formulations* » (Brousseau, 1998), des échanges entre élèves.
- Dans les **situations de validation**, les élèves doivent essayer d'amener des preuves, des arguments pour justifier leurs points de vue (éventuellement dissymétriques). C'est la « démonstration » qui valide les connaissances.

Deux « fiches actions » sont présentées en exemple : la fiche action « tuf » et la fiche action « chauves-souris ».

Exemple 1 - Analyse de la fiche action « Tuf volcanique ou Tuf calcaire ? »

Enjeux de connaissance

Les connaissances visées concernent la formation du tuf calcaire (travertin) et la reconnaissance de ces caractéristiques (roche poreuse contenant des débris végétaux

fossilisés). Le mécanisme de formation du tuf est un élément important de la compréhension du fonctionnement d'un karst.

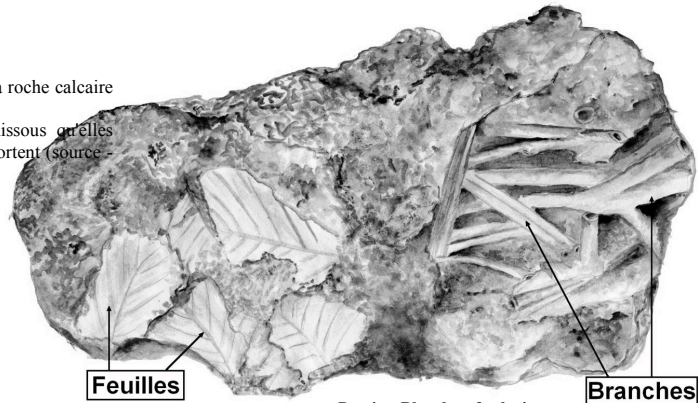
FICHE ACTION : Vérifier une rumeur - Tuf volcanique ou tuf calcaire ? -	
L'eau du robinet sentirait parfois une drôle d'odeur, comme celle du soufre (une roche volcanique jaune). Les volcans dégagent souvent du soufre. Des gens du village pensent qu'il y a peut être des roches d'origine volcanique (ou des vapeurs) qui peuvent polluer l'eau du ruisseau.	RUMEUR
Problème : Y a-t-il un volcan qui pollue le ruisseau ?	PROBLEME
Les indications de Daniélou  « Un volcan dans la région ? Vous trouvez cela incroyable ? Pourtant, les gens du village pourraient avoir raison, parfois de petites cheminées volcaniques se forment, même sur les causses. Un volcan peut amener des produits toxiques comme du soufre. Mais s'il y a un volcan, on doit trouver des roches volcaniques ! »	AIDE
Actions : Rechercher les éléments dans la roche qui permettraient de dire si elle est volcanique ou calcaire. Regardez la fiche connaissance 1 Balises 1 à 6 : Observez bien la petite falaise qui borde le chemin et les rochers au bord du ruisseau. Balises 2 et 3 : Regardez tout près de ces 2 balises, de nombreux indices sont présents mais demandent une observation très attentive. N'allez pas trop vite !	ACTION
Aides - Fiche connaissance 1 : Les tufs	AIDE

Fiche action, exemple 1 - « Tuf volcanique ou tuf calcaire »
Dévolution d'un problème et formulation d'hypothèses

Les roches que l'on peut observer au bord du ruisseau sont des **tufs**, roches avec de **nombreux trous** (très poreuse) et très **légères**. Il existe deux types de tufs: volcanique et calcaire, **mais comment les différencier ?**

TUF CALCAIRE

Comme un morceau de sucre dans de l'eau chaude, la roche calcaire peut se dissoudre et devenir invisible. Les rivières souterraines contiennent du calcaire dissous qu'elles déposent petit à petit autour de l'endroit où elles ressortent (source - résurgence).



Dessin : Bloc de tuf calcaire

L'eau circule sur des débris de végétaux, tels que des mousses, des feuilles, des branches. Ils sont peu à peu recouverts par le calcaire et se pétrifient (deviennent pierre).

Ces végétaux disparaissent, se décomposent laissant alors **leurs empreintes** dans la roche.

La roche est de couleur **beige**.

Le calcaire de l'eau provient du creusement des grottes. La présence de tufs calcaire indique donc qu'il y a eu **formation de grottes**.

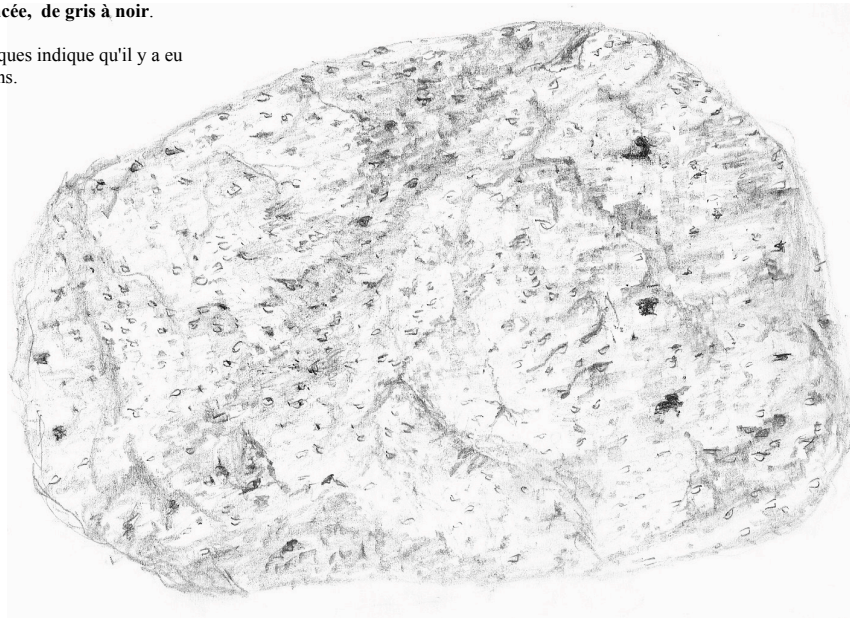
Photo : Tuf en formation dans une cascade

TUF VOLCANIQUE

Le tuf volcanique ressemble au tuf calcaire mais il n'a pas la même origine. Ce sont des fragments de roche solide expulsés lors de l'éruption de volcans. Ces fragments vont s'accumuler et former du tuf.

La roche est de couleur **foncée, de gris à noir**.

La présence de tufs volcaniques indique qu'il y a eu des volcans dans les environs.



Dessin : Bloc de tuf volcanique

Fiche connaissance, exemple 1 – Les tufs

Problème

L'hypothèse présentée par cette fiche, une pollution d'origine volcanique est introduite dans un but didactique. Il y a peu de chances que des élèves la formulent spontanément.

Exemple 2 - Analyse de la fiche action « Chauves-souris »

Un problème

Les excréments de chauves-souris de la grotte dans laquelle passe la rivière souterraine peuvent-ils provoquer la pollution ?

Connaissances visées

Lecture de la topographie d'une grotte (étages fossiles, rivière), mode de vie des chauves-souris, pollution organique. Une partie de ces connaissances contribue à la compréhension du modèle du karst.

Résoudre l'enquête

↑

Information sensibilisations

↑

Fiche connaissance 2 : Les chauve-souris du Boundoulaou

Carte d'identité

Classification : Les chauve-souris sont des petits **mammifères** nocturnes qui se nourrissent d'insectes volants (comme les moustiques).

Voir dans nuit : Elles utilisent un système original pour se déplacer dans l'obscurité : les ultra-sons (cris sonar), qui leur permettent de repérer les obstacles et les proies.

Dangerosité : Niveau Très Faible
Malgré leur mauvaise réputation, elles sont **TOTALEMENT** inoffensives pour l'homme !

Les chauves souris du Boundoulaou

On peut rencontrer **5 espèces différentes** de chauve-souris : le minioptère de Schreibers, le grand murin et le petit murin, le Petit rhinolophe et le grand rhinolophe.

Une importante colonie de minioptère de Schreibers niche dans la grotte du Boundoulaou.

Animaux protégés : Pour les protéger, un arrêté préfectoral de protection de Biotope interdit la fréquentation de la grotte pendant une partie de l'année. Du fait de sa richesse biologique, la grotte du Boundoulaou fait partie du réseau européen **Natura 2000**, qui vise à protéger la biodiversité.

Maladie et chauve-souris ?

D'après les spécialistes, les seules maladies que les chauve-souris peuvent transmettre à l'Homme sont :

la rage : un virus qui se transmet par les morsures et les griffures (maladie très rare)

l'histoplasmosse : Dans les pays tropicaux, quelques champignons microscopiques se développent parfois dans les excréments de chauves-souris ou d'oiseaux. Lorsqu'on respire les poussières, ces champignons provoquent une maladie des poumons.

La Leptospirose : une bactérie se transmet par l'urine de certains animaux, comme les chauve-souris. Elle provoque une maladie grave.

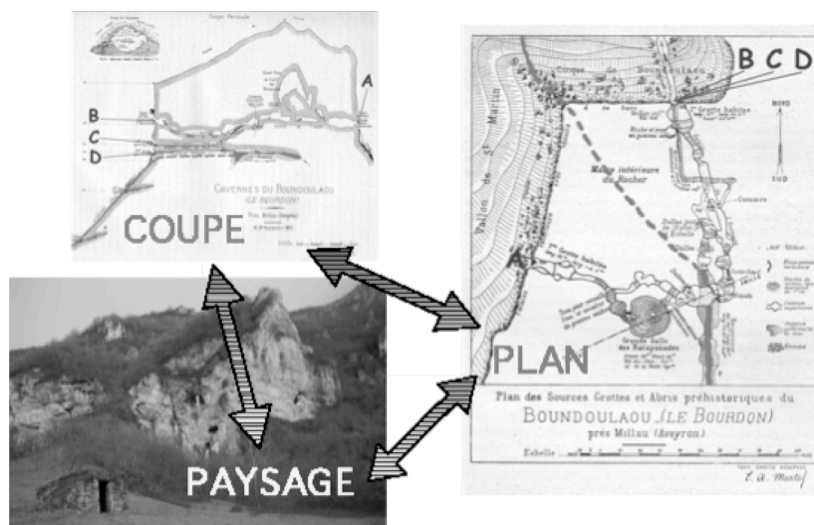
Traitement de l'eau : Au captage de la source du Boundoulaou, l'eau est traitée avec du chlore. Ce traitement détruit, élimine tous les microbes, bactéries et virus (à faible concentration).



La colonie de minioptères de Schreibers du Boundoulaou

Fiche connaissance, exemple 2 - « Chauves-souris »

Exemples de tâches et procédures



Lire une topographie – Faire le lien entre la coupe, le plan et le paysage

Formulation et validation

Pour la fiche action « chauve-souris », le milieu (milieu naturel et aides documentaires) n'est pas suffisant pour fournir une réponse « indiscutable » au problème. Le milieu est organisé pour contraindre les élèves à faire fonctionner leurs connaissances pour produire des formulations. Pour argumenter, ces derniers utilisent des modèles explicatifs (propagation des maladies, transferts de polluants dans la grotte, dans le captage, traitement de l'eau). La validation des savoirs (avis de la fiche réponse) vient d'un « examen critique des solutions » dans un débat d'équipe.

Discussion et limites de la démarche d'un point de vue didactique

Pour rendre les élèves motivés, actifs et autonomes dans la construction de leurs connaissances, nous nous sommes servi d'éléments de la TSD (situation fondamentale et situations adidactique), habituellement utilisés en mathématique, pour élaborer un jeu, dans un milieu naturel portant sur des concepts propres aux sciences de la vie et de la Terre (SVT). Nous présentons quelques remarques sur l'intérêt et les limites de cette démarche dans les phases de conception et d'expérimentations du jeu.

Pour construire une situation adidactique en SVT, il n'est pas toujours facile de trouver un problème faisant fonctionner des savoirs comme solution optimale. Par exemple, dans la fiche action tuf, pour répondre à la question sur l'origine volcanique de la pollution, les élèves n'ont pas besoin d'avoir compris les processus de formation de cette roche (qui font pourtant parti des savoirs visés). Les élèves peuvent lire ces informations sur les fiches connaissances, mais ne sont pas obligés de les utiliser. Connaître les critères de discrimination entre le tuf calcaire et le tuf volcanique suffit pour trancher le problème.

Une situation fait souvent fonctionner de multiples connaissances et plusieurs modèles explicatifs. En SVT, il est plus difficile de séparer les variables qu'en mathématiques du fait de la complexité du milieu naturel. Dans la fiche action chauves-souris par exemple, l'intérêt est que la situation conduit à un débat, provoque des controverses. Ceci est en partie dû à la complexité de la situation, qui implique à la fois des notions de géologie (modèle du karst), de biologie (mode de vie d'un animal, transmission des maladies), d'assainissement (traitement de l'eau). Plusieurs savoirs (en interaction) seront abordés en même temps. Il est difficile de structurer le milieu, pour ne travailler qu'un seul type de connaissance, comme « dans les situations fondamentales » définies par la TSD. Réciproquement, dans le jeu, plusieurs situations (fiche action) constituent des situations de référence où se construit un même concept. Par exemple, le concept de renouvellement cyclique de l'eau des aquifères karstiques (lié au cycle de l'eau) se construit progressivement à travers les étapes de l'enquête.

Fonctions des modèles et situations didactiques

Le principe des situations adidactiques est que les connaissances acquises par les élèves ou les stratégies qu'ils utilisent peuvent être validées sans intervention de l'enseignant. Soit par interaction avec le milieu didactique (situation d'action), soit par l'argumentation entre élèves (situation de formulation, situation d'action). Dans notre jeu, la validation concerne essentiellement les modèles explicatifs qu'utilisent les élèves pour résoudre les problèmes de l'enquête. En concevant le jeu, nous nous avons été amenés à formuler l'hypothèse que les types de situations au sens de Brousseau (c'est-à-dire d'action, de

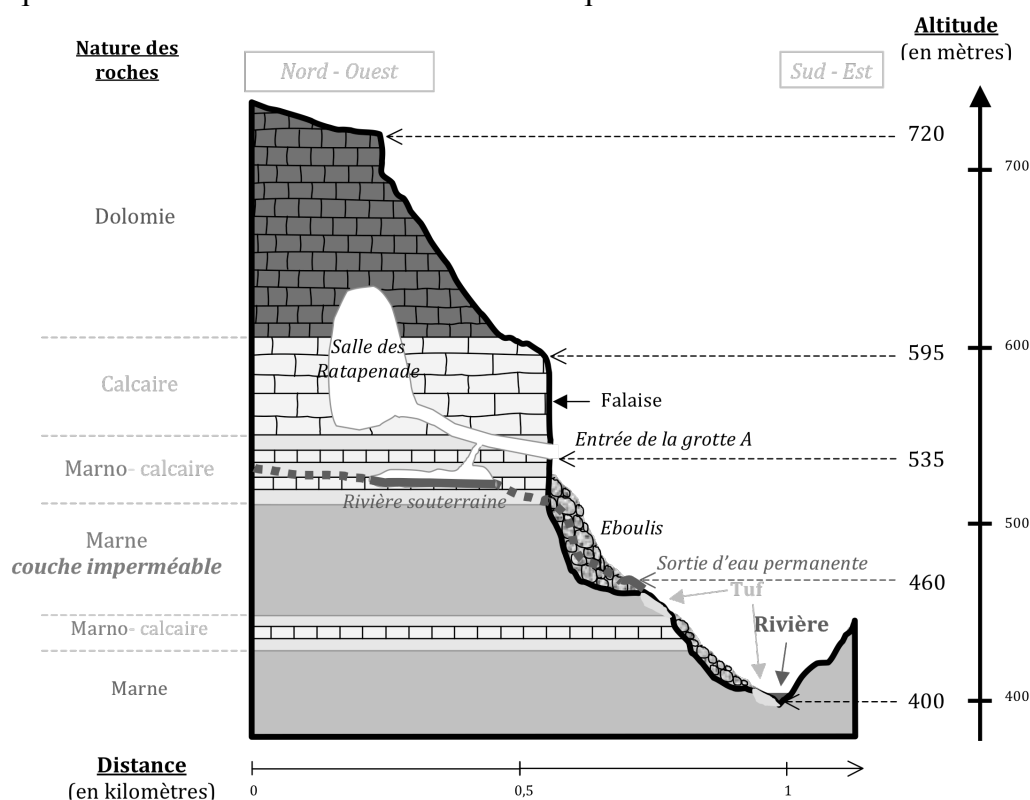
formulation, de validation) vont changer suivant que l'on utilise un modèle pour faire des prévisions ou plutôt pour fournir des explications.

Les situations d'action

Les situations d'actions permettent de faire des essais, d'imaginer des stratégies différentes. Le milieu doit renvoyer une validation de leur travail. Amener les élèves à utiliser d'un modèle explicatif pour faire des prévisions favorise les situations d'action. Les élèves recherchent alors des indices dans le milieu (naturel ou documentaire) qui valide ou non leurs prévisions. Le modèle peut ainsi être confirmé ou éventuellement réajusté. Dans la fiche action « Trouver les sources » (illustrée ci-dessous), en localisant les couches imperméables sur une coupe géologique, les élèves font des prévisions sur l'altitude probable où ils pourraient rencontrer des sources. Ils doivent ensuite le vérifier sur carte et sur le terrain. Ce sont les observations de terrain qui valideront leurs hypothèses.

Situations de formulation et validation

Le modèle sollicité dans sa fonction explicative semble plutôt favoriser les situations de formulation/validation par la production de propositions argumentées, énoncés explicatifs... C'est un travail de raisonnement, d'analyse des causes et des nécessités de fonctionnement du modèle qui permet de valider une réponse. La fiche action « chauves-souris », citée en exemple, a provoqué des débats et controverses vives chez les élèves pour justifier leurs modèles explicatifs (organisation des écoulements souterrains, transfert des polluants...). Dans cette fiche, ce ne sont pas les observations qui permettent de conclure, mais l'argumentation logique. En SVT pourtant, on peut rarement aller jusqu'à la démonstration comme en mathématiques.



Exemple d'utilisation prédictive du modèle : fiche action 4
« Trouver les sources » - À quelle altitude pensez-vous trouver des sources ?

Aide didactique ou autonomie ?

Une de nos préoccupations était de « doser » l'aide didactique que fournissent les fiches action, de sorte à permettre aux élèves de gérer la complexité du milieu sans pour autant détruire l'adidacticité des situations. Les fiches action proposaient des ébauches de stratégies plus ou moins inductives. Les fiches connaissances quant à elles, donnaient des informations (parfois sous forme clairement didactique). Elles faisaient partie du milieu documentaire que les élèves étaient « libres » d'utiliser. Comment les ont-ils gérées ?

Globalement, les élèves sont très bien entrés dans le jeu. Ils se sont appropriés les problèmes des différentes étapes de l'enquête et ont tenté de les résoudre en autonomie. Leur travail, bien que guidé, est resté assez adidactique. Pourtant, le milieu naturel n'est pas optimisé pour une utilisation pédagogique. Faire « coller » le modèle théorique du karst, avec les observations de terrain, n'est parfois pas évident. Le réel n'est pas immédiatement perceptible, sans les yeux de la théorie. Par exemple, dans la fiche action « Trouver les sources », les couches imperméables de marnes au niveau desquelles devraient sortir les résurgences sont cachées par des éboulis de pente. Le parcours imposé par les balises, les conseils des fiches action sont là pour « débroussailler » un peu le travail de recherche.

Paradoxalement, pour certaines fiches, les aides sensées les guider leur ont donné un travail de lecture trop lourd, et momentanément, en ont rebuté certains. Elles devront être repensées pour être plus « fluides ».

Beaucoup d'équipes ont également eu besoin de l'aide des animateurs pour faire le point et synthétiser les informations, pour les replacer dans la logique de l'enquête. Il y a eu alternance de moments didactiques et adidactiques.

Connaissances et changements conceptuels : les apports du jeu

En examinant les documents produits par les élèves en autonomie (fiches de résultat d'enquête, panneaux de présentation des résultats) et en les comparant aux recueils de conceptions individuels réalisés avant le jeu, on s'aperçoit qu'après la situation de jeu « Hydroflip » beaucoup d'élèves font fonctionner des connaissances nouvelles concernant la géologie des plateaux calcaires et la pollution des eaux souterraines. Nous l'illustrons par un exemple de changements conceptuels chez des élèves de CM2

Exemple d'évolution conceptuelle provoquée par le jeu chez deux élèves : Manon, Mathilde (CM2)

Une évolution assez nette des conceptions sur les sources et les grottes semble se manifester lorsque l'on compare :

- Leurs concepts initiaux (recueillis avant le jeu). Pour toutes les deux, l'eau vient de réservoirs souterrains sans lien avec la pluie (type 3). Elles n'établissent pas de relation entre eau et grotte (types 2 et 5).
- Et le texte de synthèse qu'elles ont rédigé en autonomie en fin de jeu : « *Les spéléologues injectent de la fluorescéine qui colore l'eau des avens [...] . Grâce à la coloration, on connaît le bassin d'alimentation, l'endroit où l'eau de pluie s'infiltre pour aller vers la source et peut entraîner une pollution.* »

Conclusion

Le but de notre démarche était de valoriser les ressources d'un site naturel remarquable pour transmettre des connaissances sur les eaux souterraines et la géologie d'un plateau calcaire.

En tentant de marier les apports de la démarche d'interprétation et de la TSD nous avons construit le jeu « Hydroflip » qui constitue une situation didactique sortant du cadre classique de l'enseignement». Quel bilan retenir de cette expérimentation ?

L'approche didactique

Le jeu s'appuyant sur une situation plausible a obtenu une motivation spontanée des élèves. Ils se sont montrés actifs et en grande partie autonomes. Ils ont acquis de connaissances sur le karst et, dans une certaine mesure se sont approprié un questionnement scientifique. Les connaissances construites ont pris du sens pour eux car elles s'appliquaient à résolution de problèmes concrets.

L'approche de l'interprétation

Les élèves ont pris du plaisir à jouer ; mais le jeu a également éveillé leur attention sur des enjeux environnementaux liés à l'eau en provoquant parfois des discussions très ouvertes entre élèves (gestions des ressources d'eau, pollutions liées à l'homme, choix de société en matière d'agriculture, d'économie...). Nous nous situons bien là dans la philosophie de Tillden qui définit le but de l'interprétation comme étant de « *stimuler le désir d'élargir l'horizon de ses intérêts et connaissances* », tout en transmettant des valeurs de protection.

Évolutions du jeu « Hydroflip »

Cette première version du jeu a été expérimentée avec un public de scolaire (une classe de primaire et une de collège). Notre ambition de départ était de pouvoir l'utiliser avec des publics variés. Dans l'aménagement d'un parcours permanent, la trame de jeu d'enquête et d'orientation serait conservée, mais adaptée avec une version pour les scolaires, centres de vacances, associations, etc. et une version « grand public » plus simplifiée.

Pour respecter le site naturel du Boundoulaou qui a su, jusqu'ici, rester sauvage, les aménagements se limiteraient à quelques bornes d'orientation. Le jeu serait proposé sous forme de livrets comprenant fiches actions et fiches connaissance.

Une évolution vers les nouvelles technologies : le « Géocaching ». C'est une nouvelle forme de découverte touristique qui allie chasse au trésor « high tech » (GPS, Internet, ordinateur de poche) et course d'orientation. Nous avons en projet d'expérimenter, une adaptation du jeu pour ce type de technologie. À suivre...

Quelle que soit sa présentation, le jeu sera un outil didactique et ludique mis à la disposition des visiteurs. Suivant leur sensibilité et leurs motivations ils seront libres ou non de se l'approprier ?

Le muséologue canadien, Raymond Montpetit, nous rappelle que dans la démarche d'interprétation :

« S'il donne à penser, le musée (pour nous le parcours) donne aussi à imaginer, ses contenus agissent comme des tremplins qui projettent les visiteurs vers un imaginaire qui est le leur. » (Montpetit, 2003)

Le lien qui se crée entre le site et le public échappe largement, et c'est sûrement très bien ainsi, aux volontés des aménageurs.

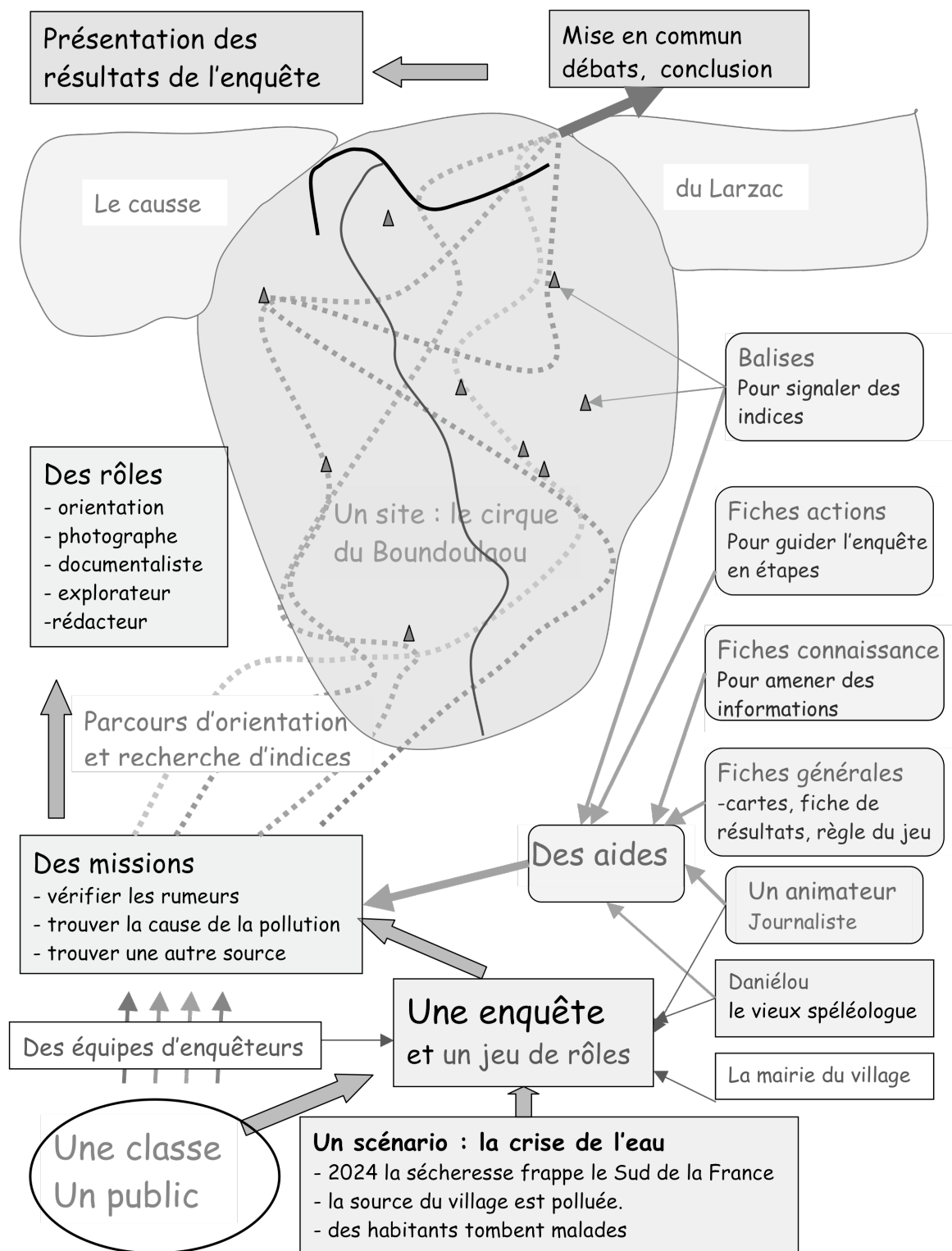
Après le jeu « Hydroflip », les visiteurs regarderont-ils les eaux claires des exurgences avec un œil nouveau ? Nous espérons contribuer à éveiller leur curiosité et à comprendre que derrière la réalité apparente, tout ne coule pas de source...

Bibliographie

- BACHELARD G. (1938) *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin
- BRINGER J.-P. (2001) L'interprétation du patrimoine. *Revue Espace*.
- BROUSSEAU G. (1998) *La théorie des situations didactiques*. Grenoble, La Pensée Sauvage.
- CARTER J. (2005) L'esprit des lieux. Atelier Technique des espaces naturels. *Cahier technique n° 76 – Outil d'accueil et d'interprétation*.
- ELLENBERGER F. (1988) *Histoire de la géologie*. Tomes 1 et 2. Petite collection d'histoire des sciences – Technique et documentation - Lavoisier.
- Fédération Française de spéléologie (1993) *Cent ans de spéléologie française*. Spelunca Mémoires – Fédération Française de Spéléologie.
- GAUCHON C. (1997) Des cavernes et des hommes. Géographie souterraine des montagnes françaises. *Karstologia*, Mémoire n°7.
- GOHAU G. (2003) *Naissance de la géologie – historique*. La Terre, des « théories » à l'histoire. Vuibert – ADAPT (Collection Inflexion).
- MARGOLINAS C. (2002) Situations, milieux, connaissances. In Dorier J-L & al. (Eds) *Actes de la XI^{ème} École d'été de Didactique des Mathématiques*. Version sur Cédérom. Grenoble : La Pensée Sauvage.
- MARZIN P., TRIQUET É. & COMBAZ B. (2003) Apprendre à reconnaître les arbres en CM2 : la situation de jeu "Florex". *Didaskalia*, 22, 117-132.
- MONTPETIT R. (2003) L'exposition, un geste envers les visiteurs. *Médiamorphoses*, 9, 29-33.
- SANCHEZ É. (2007) Quelles relations entre modélisation et investigation scientifique dans l'enseignement des sciences de la Terre ? *Éducation et didactique* 2(2), 97-122.
- TILDEN F. (1957) *L'interprétation de notre patrimoine (Interpreting our Heritage)*. The University of North Carolina Press.

ANNEXE 1 – « HYDROFLIP »

SYNOPTIQUE DE PRESENTATION DU JEU



ANNEXE 2 – DEUX FICHES DE PRÉSENTATION DU JEU

FICHE PRÉSENTATION DU JEU « HYDROFLIP : QU'ARRIVE-T-IL À NOTRE EAU ? »

La crise de l'eau



Jeu ou réalité ? Cela pourrait arriver demain...

« Nous sommes en 2024, pour la cinquième année consécutive, une terrible sécheresse frappe le sud de la France. Presque tous les jours, les températures frôlent les 40 degrés. Le niveau des sources est au plus bas, de nombreux cours d'eau sont presque asséchés. L'alimentation en eau de la population et des animaux devient très problématique.

A Creissels, les captages du ruisseau de l'Homède (les cascades) et de ruisseau du cirque du Boundoulaou ne suffisent plus à fournir les besoins du village. L'eau est rationnée.

Brusquement de nombreux habitants tombent malades. L'eau de la source du Boundoulaou semble être la cause de la maladie, car seuls les gens dont les maisons sont alimentées par cette source semblent frappés. L'affolement gagne le village. Le conseil municipal déclare l'état d'urgence. Avec la sécheresse, il faut trouver une solution très rapidement.

Des échantillons d'eau, sont envoyés à un laboratoire pour être analysés. Mais en attendant, tout le monde a son idée dans le village. Les rumeurs vont bon train et les hypothèses les plus invraisemblables circulent pour expliquer la pollution.

VOTRE MISSION :

Vos équipes de détectives scientifiques sont appelées pour rassurer les villageois et résoudre le problème. Votre mission va être de :

- vérifier les rumeurs qui courent dans le village
- essayer de trouver l'origine de la pollution
- trouver une solution temporaire pour alimenter le village en eau potable.

Attention : Vous devrez présenter les résultats de votre enquête au conseil municipal. Il vous faudra amener des preuves de vos deductions. Pour cela vous pourrez prendre des notes, des photos, faire des schémas...

Vos aides

Rassurez-vous, vous n'êtes pas seuls. Danielou, le spéléologue du village, connaît très bien les grottes et les sources de la région. Il connaît aussi les travaux des spéléologues et des géologues. Mais il est trop vieux pour vous accompagner dans vos recherches. Il va quand même vous aider en vous donnant des conseils et de nombreux documents (plans, photos, cartes...). Il a appelé cela « des **fiches actions** » et des « **fiches connaissances** ». Danielou, a aussi numéroté sur une carte, des balises situées aux endroits qu'il trouve importants dans le cirque du Boundoulaou. Cette carte va guider votre parcours.



ANNEXE 2 (SUITE) – DEUX FICHES DE PRÉSENTATION DU JEU

ORGANISATION DU JEU

Les équipes et leurs missions

Le groupe se répartit en **4 équipes de 5** (ou 6) personnes. Chaque équipe va enquêter de son côté. Daniélou, le vieux spéléologue pense qu'il faut chercher d'abord **dans le cirque du Boundoulaou (1^{ère} partie)**, et ensuite sur **le plateau du Larzac (2^{ème} partie)**. Le maire veut être tenu au courant régulièrement de l'avancement des recherches. Après chaque partie de l'enquête, les équipes se réuniront pour discuter de leurs découvertes (se mettre d'accord), et les expliquer au maire. Un compte-rendu final sera présenté au conseil municipal du village

Pour réaliser votre enquête et récupérer tous les indices, il est indispensable d'être passé à toutes les balises. Vous devrez avoir pris **une photo de chaque balise**.

Les fiches

Pour chaque équipe Daniélou a préparé :

- un schéma du cirque du Boundoulaou
- une carte (pour s'orienter et trouver les balises)
- des fiches actions (pour vérifier les rumeurs, trouver une solution au problème...)
- des fiches connaissances (pour aider à comprendre)
- une fiche « résultats de l'enquête » (pour noter vos idées et vos arguments)

Rôles

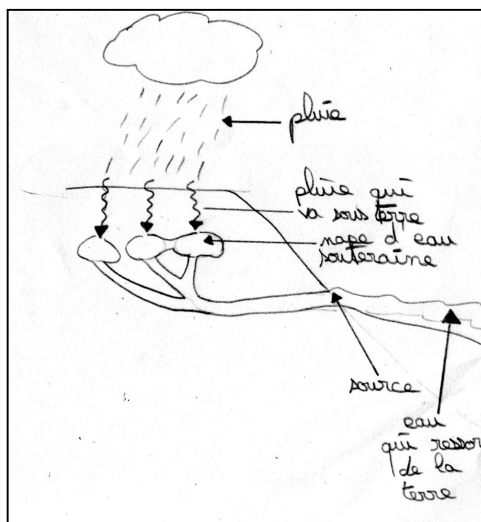
Dans une équipe bien organisée, chacun occupe tous les postes à tour de rôle. A chaque nouvelle « fiche action », chacun change de rôle. Bien sûr tout le monde participe et s'entraide.

Postes dans l'équipe	Rôle
Le(s) lecteur(s) de la carte	Il(s) guide(nt) l'équipe pour l'orientation
L'explorateur	Il recherche les balises et les indices sur le terrain aidé par les fiches action
le photographe	Il prend des photos
le rédacteur	Il prend les notes, fait des dessins
le documentaliste	Il s'occupe des documents d'aide (fiche connaissance)
Pour les comptes-rendus en grand groupe	
un rapporteur (tiré au sort)	Il présente les résultats des « fiches action » de son équipe

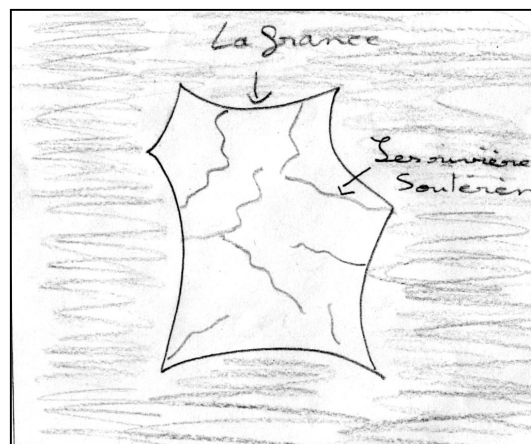
Chaque membre de l'équipe sera **tiré au sort** pour être rapporteur et présenter une fiche action.

Votre équipe réussira-t-elle à résoudre l'enquête ? Au travail !

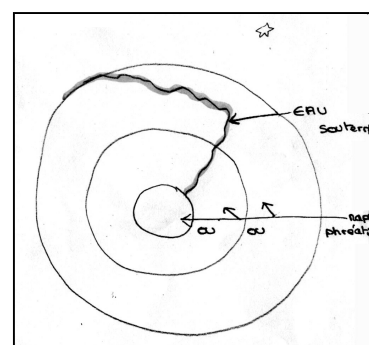
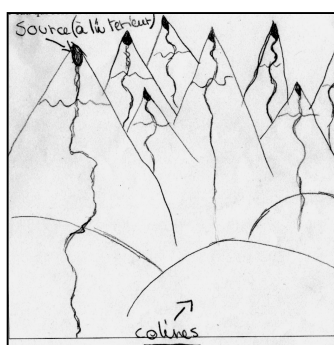
ANNEXE 3 – CONCEPTIONS D'ÉLÈVES SUR L'ORIGINE DES SOURCES



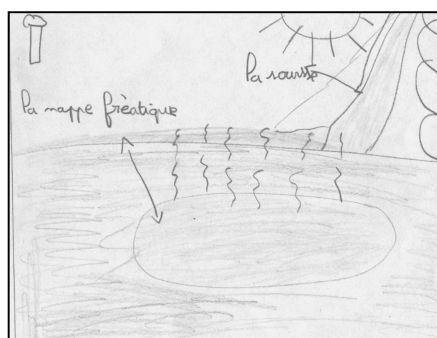
Type 1 : pluviale



Type 2 : remontée de l'océan



Type 3 : réservoirs souterrains

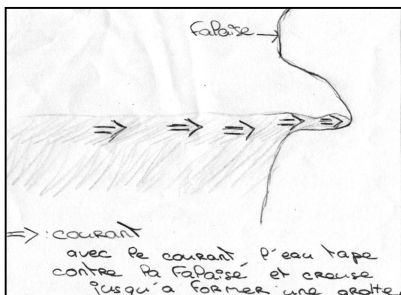
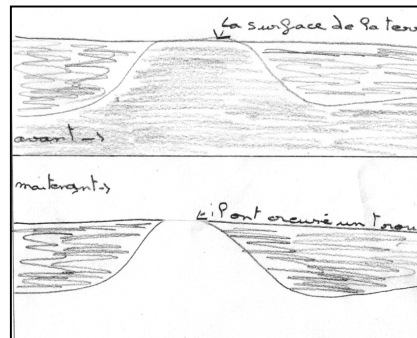
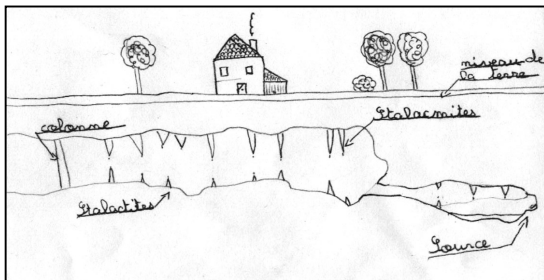


Type 4 : condensation – transmutation

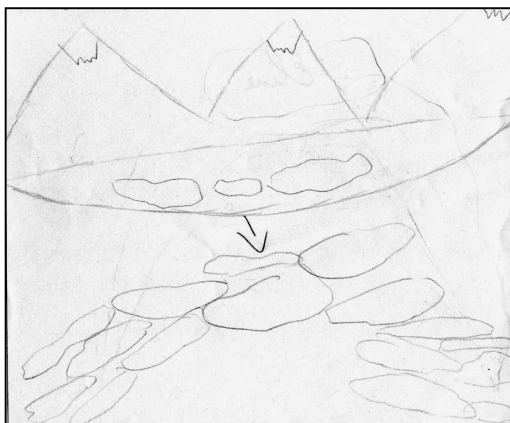


Type 5 : humaine

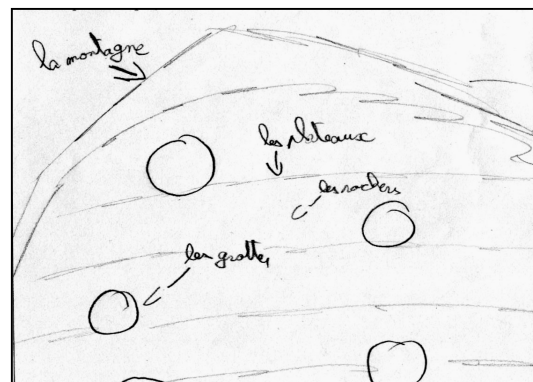
ANNEXE 4 – CONCEPTIONS D'ÉLÈVES SUR LA FORMATION DES CAVERNES



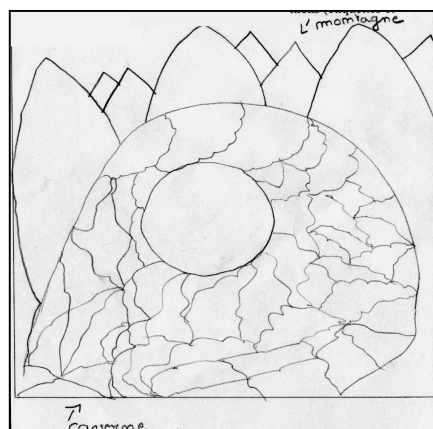
Trois exemples de Type 1 : eau, érosion



Type 2 : catastrophe



Type 4 : formation de la roche



Type 6 : dessiccation de la terre