

# Les Moulins à eau

et les centrales hydrauliques

La science qui se vit ; *une démarche méthodologique  
pratiquée dans l'enseignement fondamental à propos  
de l'énergie et de ses transformations.*





# Introduction

## A. EXPÉRIENCES EN CLASSE ..... 4

### I. Motivation

**Des représentations particulières à l'élaboration de critères**

### II. Déroulement des phases de perception et d'expérimentation

#### Objectifs

#### Méthodologie

#### I. La force de l'eau ..... 5

##### 1. Ressentir « en soi » (Expériences « Touche ») ..... 6

*Distinguer la réalité de sa représentation*

##### 2. Constater, observer « hors de soi » (Expériences « Pas Touche ») ..... 7

*Mimer pour aider à conceptualiser*

#### II. « Tourner » grâce à la force de l'eau ..... 9

##### 1. Exprimer par le corps

*Préciser termes et notions*

##### 2. Fabriquer et tester une « machine qui tourne » ; ..... 10

transmission du mouvement (Expériences « Tourni pas touche »)

*Accepter les formulations provisoires*

#### III. Transmettre un mouvement circulaire ..... 12

##### 1. Hypothèses et ... révélations (Boîtes noires à engrenages)

## Adaptation des démarches à l'école maternelle ..... 16

### 1. Introduire l'idée de la force de l'eau avec des sons et des images

#### A. Sons

#### B. Images

### 2. Expérimentations

*Se représenter comme « facteur agissant »*

## B. VISITE D'UN MOULIN À EAU ET D'UNE MICRO CENTRALE HYDRAULIQUE ..... 18

### I. Motivation

**Découvrir un environnement spatio-temporel différent du sien, confronter ses représentations à la réalité en l'observant, en s'interrogeant.**

### II. Déroulement de la visite

#### Objectifs

#### Méthodologie

#### A. Le moulin à eau ; « Extérieur - Intérieur » ..... 19

#### B. La micro – centrale hydraulique/hydroélectrique ; « Tout et parties » ..... 20

<b>C. RENCONTRE DE PROFESSIONNELS</b> .....	<b>20</b>
I. Motivation	
<b>Rencontrer des experts pouvant témoigner de l'actualisation de la technologie (ainsi que des initiatives de réhabilitation de sites anciens)</b>	
II. Déroulement de la rencontre	
<b>Objectifs</b>	
<b>Méthodologie « De la rivière à la cabine électrique ».</b>	
<b>D. PROLONGEMENTS</b> .....	
* Les applications créatives .....	<b>23</b>
I. Motivation	
<b>Transférer les compétences acquises, agir concrètement et communiquer son expertise</b>	
II. Déroulement des activités	
<b>Objectifs</b>	
<b>Méthodologie</b>	
<b>Action</b>	
• Compte rendu de la visite .....	<b>24</b>
• Faire fonctionner un moulin sur la rivière .....	<b>25</b>
<b>E. POUR EN SAVOIR PLUS</b> .....	<b>26</b>
I. Du Moulin à eau à la microcentrale	
1. Le moulin à eau .....	<b>27</b>
A. Description	
B. Les meules .....	<b>28</b>
C. Multiplication des moulins et développement des villes	
D. La vie au moulin	
2. La microcentrale hydraulique .....	<b>29</b>
A. Le principe hydroélectrique	
B. Descriptif de l'installation	
C. La microcentrale de Mérytherm .....	<b>30</b>
D. Les centrales hydroélectriques d'Ivoz-Ramet et de Monsin .....	<b>31</b>
II. Rappels théoriques à propos de l'énergie et de ses transformations .....	<b>32</b>
<b>F. PARTENAIRES ET RESSOURCES</b> .....	<b>34</b>

Au détour du sentier, il apparaît, camouflé dans la brume du matin. Massif, adossé à la colline comme un gros ours qui dort, il cache bien l'activité qui l'anime. Sur la gauche, un mouvement, continu, du haut vers le bas. Dans l'air une rumeur, un cliquetis frais qui sert de fond d'ambiance aux chants des oiseaux.

Paysages, eau et mouvement, ingénieuses et belles machines, voici les éléments qui ont convaincu Hypothèse d'emmener enfants et enseignants à la découverte des moulins à eau.

Les ouvrages hydrauliques ont été nombreux dans nos régions parcourues de rivières et d'innombrables petits cours d'eau.

Dès le Moyen-Age, leurs rives ont accueilli quantité de moulins de tous types, affectés à la mouture, au pressage, au broyage. Fenderies, forges et laminiers ont participé au développement de l'industrie sidérurgique et assuré la reconnaissance d'une technologie de qualité maîtrisée par des hommes experts.

Fin XIX<sup>e</sup>, la turbine hydraulique a remplacé la roue du moulin. Elle a participé à la modernisation des installations et à l'accroissement de la production.

Actuellement, elle trouve une application particulière dans le domaine de la production d'électricité locale ou domestique avec la microcentrale.

Cette technologie qui évolue à travers le temps permet l'approche passionnante de l'action ingénieuse de l'homme sur son milieu.

Nous pensons que dans ce cadre, une méthodologie adaptée à l'éveil scientifique peut réellement susciter chez l'enfant l'envie de saisir les outils nécessaires pour, à son tour, pouvoir comprendre et agir sur ce qui l'entoure.

La découverte des caractéristiques de sites patrimoniaux restaurés à l'ancienne ou réhabilités selon les technologies actuelles, l'expérimentation de la force de l'eau et des engrenages, le souvenir des métiers du passé et le dialogue avec les professionnels sont les facettes de ce projet. Elles sont autant d'occasions à saisir pour mettre les enfants en situation de sensation, de recherche et d'expression. Énoncer des représentations, formuler des hypothèses, les confronter, structurer ses connaissances ; autant de compétences primordiales que vise à développer la pédagogie active appliquée ici.



## I. MOTIVATION PÉDAGOGIQUE

### Des représentations particulières à l'élaboration de critères

Partant de l'hypothèse, souvent vérifiée, que nous voyons mieux ce que nous connaissons déjà, nous avons entamé le projet par sa phase d'expérimentation avant de visiter des sites. Les moulins à eau, les centrales hydroélectriques sont des constructions complexes à de nombreux égards (localisation environnementale, architecture, machinerie et fonctionnement) et leur découverte sera plus riche si les enfants possèdent déjà quelques **repères cognitifs**. L'appropriation de nouvelles informations pourra mieux s'élaborer en référence à des connaissances acquises au préalable.

L'eau nous est familière et les **représentations** mentales que son nom évoque pour chacun sont innombrables. Soucieux de partir du « vécu » de chacun mais tenus à la rigueur de l'animation de groupes de taille importante, nous avons débuté les 3 séances d'expérimentations en suscitant la production de dessins de manière à **formaliser** ces conceptions.

Ressentir la force de l'eau sur mon corps, la faire s'exercer sur un objet, fabriquer quelque chose qui tourne grâce à la force de l'eau sont les étapes de **manipulation** qui permettront d'aborder les **principes physiques** de force, de résistance, de mouvement et transmission de mouvements, de déformation, d'énergie et de transformation d'énergie. Afin de donner aux enfants une perception la plus précise des enjeux de chaque atelier, ceux-ci sont intitulés humoristiquement et symbolisés par un logo ; « Touche », « Patouche » et « Tournipatouche ». Les élèves font successivement partie de l'une des trois équipes. C'est un **défi** qui ouvre la 4<sup>e</sup> série d'expériences. Idéalement, elle fait suite à la visite du moulin au cours de laquelle, on aura pu observer la roue, les engrenages et les meules.

Faire des hypothèses sur le contenu et le fonctionnement de mystérieuses boîtes noires amènera des déductions sur la transmission de mouvements et les changements de sens, de vitesse et de direction dus aux si formidables engrenages.

La découverte libre du matériel, l'élaboration d'hypothèses et la construction des dispositifs pour vérifier celles-ci, la communication et la synthèse des résultats ; autant d'étapes d'une approche expérimentale adaptée aux enfants que l'animateur contribue à mettre en place.



## II. DÉROULEMENT DES PHASES DE PERCEPTION ET D'EXPÉRIMENTATION

### OBJECTIFS :

- Développer une approche scientifique créative (se référer à son expérience personnelle, comparer, imaginer, raisonner par analogie, ...)
- Exprimer ses représentations en les formalisant (sous forme de texte, de dessin)
- Effectuer le choix d'une action spécifique à mener, décider des moyens pour y arriver, la mettre en œuvre jusqu'à son accomplissement
- Intégrer l'échec comme une étape constructive et trouver quelle modification il doit entraîner
- Observer les résultats atteints, mettre en évidence les liens de cause à effet,
- Définir ce qu'est un critère, savoir s'en servir
- Communiquer les étapes de la démarche au groupe

### MÉTHODOLOGIE :

#### I. LA FORCE DE L'EAU

##### 1. Ressentir « en soi » (Expériences « Touche »)

###### a) Représentation et formalisation

*Imaginez puis dessinez toutes sortes de situations au cours des quelles vous allez « sentir, ressentir la force de l'eau sur votre corps ». Tout est possible puisque c'est en imagination !*

On regroupe les enfants par 4 autour d'une feuille A3 vierge et on leur donne crayons et marqueurs (rendre possible l'usage des couleurs motive et stimule assez spectaculairement la réalisation des dessins).



Quand les feuilles sont bien illustrées, l'animateur gère la mise en commun des idées en reprenant les affiches ou en reproduisant certains dessins au tableau. Les enfants expliquent, apportent les précisions nécessaires au groupe. En conclusion, on décrit les sensations et on évoque les effets que l'on pourrait, cette fois, ressentir « pour du vrai » en en faisant l'expérience.

#### DISTINGUER LA RÉALITÉ DE SA REPRÉSENTATION

*Beaucoup d'enfants ont évoqué la catastrophe du Tsunami de décembre 2005. Les médias étaient leur principale source d'information ; séquences filmées et images de presse ont contribué à leurs représentations mentales du séisme. Néanmoins, ils racontaient les scènes sans mentionner aucunement qu'elles provenaient de la télévision, semblant avoir vécu eux-mêmes la catastrophe.*

*C'est l'occasion de remettre en perspective la réalité, sa représentation et l'appropriation de celle-ci par le spectateur. Faire verbaliser son ressenti par l'enfant et réfléchir avec lui sur l'impact émotionnel des images pourrait trouver ancrage dans ce contexte (et être réalisé en différé).*

## b) Expériences « pour voir »

*Avec ce matériel, mettez au point une courte expérience au cours de laquelle vous allez «sentir, ressentir, la force de l'eau sur votre corps».*

Le matériel prévu pour les expériences est proposé aux enfants pour un moment de découverte libre (récipients divers, arrosoir, tuyaux souples, pistolet à eau, seringue, ballon de baudruche,...).

Cette phase de découverte du matériel entraîne souvent de nouvelles idées d'expériences ou aide à les préciser.

Les enfants se regroupent à nouveau par 4.

*Notions travaillées :*

*Par son propre poids l'eau peut exercer une force. L'eau est une matière qui peut opposer une résistance à une force.*

*Quelques idées :*

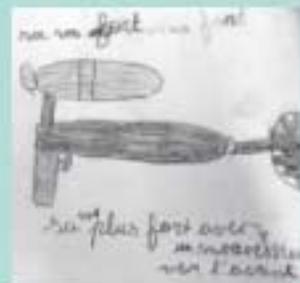
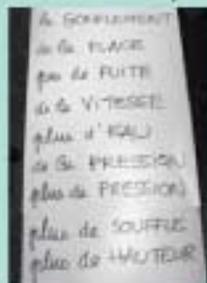


Passer sa main dans l'eau et sentir la résistance, sentir le jet d'eau d'une seringue ou d'un tuyau d'arrosage et éprouver la force nécessaire pour lui résister, sentir le gonflement d'une baudruche dû à la pression de l'eau...

## c) Compte rendu au groupe

Au terme des essais, chaque petit groupe communique ses résultats.

Les idées peuvent être classées selon divers critères: des sensations, des appréciations de distances, d'orientation (fort, doux, de loin, de haut, ...). Il est intéressant de les faire préciser par les enfants, de leur faire saisir l'utilité de ces concepts qui permettront de structurer et de classer les actions menées. Conclusions et schémas d'expériences sont reportés au cahier d'éveil.



## MIMER

Lors de la mise en commun orale des expériences en grand groupe, inciter les enfants à joindre le geste à la parole est une consigne très stimulante aussi bien pour celui qui raconte que pour celui qui écoute.

Les mots appellent les gestes et ceux-ci suscitent de nouvelles phrases plus complètes, plus précises. Résultat de la dynamique entre les signes motivés par le réel et les signes abstraits du langage, la langue s'énonce clairement, la pensée se structure.

L'observation des mouvements se fait presque inconsciemment ; l'attention est captée, le silence se fait au profit de la parole, le groupe existe dans un processus de communication réellement collective. L'animateur joue le jeu et demande à chacun de reproduire les gestes qui miment l'explication.

## 2. Constat, observer « hors de soi » Expériences « Pas touche »

(Les étapes a, b, c sont reproduites)

Comme précédemment, on regroupe les enfants par 4 autour d'une feuille A3 vierge et on leur donne crayons et markers (rendre possible l'usage des couleurs motive et stimule assez spectaculairement la réalisation des dessins).

*Avec le contenu d'un verre d'eau seulement, trouvez un moyen de rendre visible la force de l'eau sur un ou quelques autres objets qui « subiront » l'effet de cette force.*

Par groupe de 4, les enfants cherchent et représentent les idées qui permettront de voir les effets de « la force de l'eau ». Les idées sont mises en commun. Les enfants découvrent le matériel et réalisent l'une ou l'autre expérience.

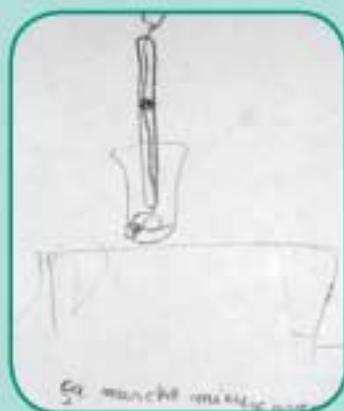
Matériel : verres, pailles, tuyaux souples de différentes sections, entonnoir, seringue, poulies, bassin, objets flottants (bouchons, balles de ping-pong, figurines) ...

*Notions travaillées : une force peut entraîner un mouvement, modifier un mouvement existant au préalable, provoquer une déformation...*

Quelques idées : comparer la flottaison de différents objets, faire un trou dans une feuille de papier avec un jet d'eau, faire une trace dans du sable avec de l'eau qui coule, plier une feuille avec une chute d'eau, faire descendre un ascenseur.



Quelques idées : Quand on verse l'eau (grâce à une seringue) dans la paille, on fait tourner une balle de ping-pong.



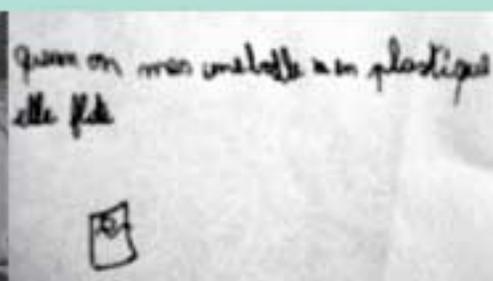
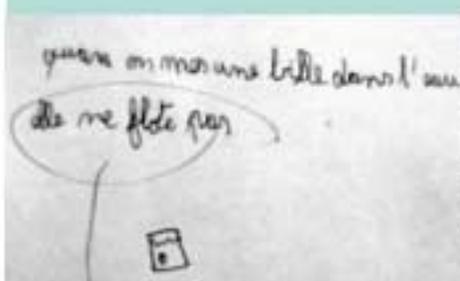
On constate que « ça marche mieux » (que la balle se déplace plus loin, plus longtemps) selon l'endroit où l'eau arrive (au centre de la balle).

Lors de la **mise en commun**, on procède à la structuration des idées et à leur classement intuitif selon les causes (les facteurs agissants) et la ou les conséquences. A ce stade, déjà noter des hypothèses si elles se présentent.



Après avoir testé l'arrosoir du premier étage puis du deuxième : « je pense que la **hauteur** de chute de l'eau a de l'importance »

Noter, représenter constatations et expériences au cahier d'éveil.





## II «TOURNER» GRÂCE À LA FORCE DE L'EAU

### 1. Exprimer par le corps

*Aujourd'hui, nous allons tous être des « Tournipatouche » (avaient précédé les « Touche » - force de l'eau sur mon corps- et les « Patouche » - force de l'eau sur un objet). Il s'agira donc de faire tourner quelque chose avec de l'eau. Pour se défouler, pour tourner en rond jusqu'au tournis, pour effectuer des moulinets tant qu'on peut et retourner tout dans sa tête puis échanger ses idées folles avec les autres.*



On propose d'abord aux enfants quelques jeux de coordination de mouvements corporels: tourner un doigt dans un sens, une main dans l'autre sens, la tête, le bras, une jambe, ...

Puis la naissance et l'échange d'idées sont suscités

Ensemble, on ferme les yeux. On se promène dans le périmètre, sans se toucher.

En silence, on imagine une expérience où l'eau fait tourner quelque chose ; tout est possible : une situation réelle, inventée, absurde ...

Au signal, on s'arrête près d'un partenaire et on échange sur l'idée qu'on a eue. (Pour dynamiser l'exercice, on peut demander aux enfants de le jouer «avec expression». On le fait avec un air réjoui puis, on recommence en portant le masque de l'ennui, de l'effarement, ...)

On revient en grand cercle et chacun peut suggérer une idée, l'animateur la schématise sur panneau.

- bateau à aubes (attention : ce n'est pas l'eau qui fait tourner la roue !)
- un pneu qui tourne emporté par le courant dans une rigole
- un tourbillon qui emporte un objet
- le moulin à eau
- on tourne dans un verre d'eau avec une cuiller pour créer un tourbillon
- l'eau de pluie tombe dans un bac, qui finit par basculer.
- des pierres au fond de l'eau d'un ruisseau tournent sur elles-mêmes en s'usant dans un puits, l'eau coule et finit par faire sortir une pierre, qui tourne et saute !

## PRÉCISER TERMES ET NOTIONS

*Il est important de distinguer mouvement et force qui entraîne un mouvement.*

*Lors de la phase de réflexion faisant suite à la consigne, l'idée de la machine à laver a été évoquée par quelques enfants. Si l'eau visible par le hublot est en mouvement, ce n'est néanmoins pas elle qui le provoque ... De même, ce n'est pas la force de l'eau qui fait tourner la roue du bateau à aubes.*

*C'est donc l'occasion de préciser le sens des mots en lien avec la réalité qu'ils recouvrent.*

## 2. Fabriquer, expérimenter une « machine qui tourne » : transmission du mouvement

Expériences « Tournipatouche »

*Fabriquez quelque chose qui tourne en utilisant la force de l'eau contenue dans un verre.*

Après la confrontation au matériel. Quelques exemples sont construits puis présentés au grand groupe.

Matériel : une matière plastique souple qui peut se découper, de la frigo-lite, des pistolets à colle, des axes tournants, des cuillères en plastiques, des roues, des bobines de câble, bouchons, tuyaux en mousse, des brochettes en bois, des bouteilles en plastique, des bacs en plastique, des tourniquets de hamster, des petits gobelets en plastique, de l'adhésif double face, ...



Noter les questions qui se posent ainsi que les hypothèses évoquées.

Si l'eau tombe de plus haut, la roue tournera-t-elle plus vite ?

Si les pales sont plus incurvées le mouvement est-il plus efficace ?

Le nombre de pales importe-t-il ? Et leur écartement ?

Hypothèse : la quantité d'énergie est proportionnelle à la hauteur de la chute d'eau.

Veiller à faire représenter l'expérience par écrit ou par un dessin



Quelques résultats présentés en fin de séance :

### 1) AVEC LA ROUE DE HAMSTER :

On a collé des pales sur quelques fentes avec du scotch double face.

On a remarqué • que plus la HAUTEUR d'où l'eau tombe est grande, mieux c'est

• que l'endroit où l'eau tombe sur la pale améliore aussi la vitesse.

On a mis du scotch à l'intérieur pour « cacher les trous » donc on a des « dentelles pour prendre l'eau » !



### 2) AVEC LA BOBINE DE CABLE :

On a fixé des petits gobelets en plastique (5 ou 6) sur la bobine et l'eau s'accumulait dans un verre faisait tourner la roue par son poids, puis retombait dans l'autre verre et ainsi de suite.

On se dit que ça marcherait mieux si on multipliait le nombre de pales et si on dirige l'eau dans un tuyau, plutôt que la verser en un coup.

### 3) A LA PETITE CUILLÈRE :



On fixe un bâton avec de la plastiline au centre : on y pique plusieurs cuillères en plastique, dans le même sens et dans le même plan. Quand l'eau arrive sur une cuillère, celle-ci descend et entraîne la roue. Comme ça ne tenait pas, la roue était emportée vers l'avant, on a fixé l'axe (bâton) sur le bassin avec un petit pont en plastiline. Pourquoi ça marche ? Parce que les pales sont en forme de cuillères (=incurvées). L'eau que les cuillères reçoivent les pousse vers le bas et la roue tourne.

### *Accepter les formulations provisoires ...*

*Lors des phases d'expérimentation, l'exigence vis-à-vis de la construction de phrase doit faire place à la sollicitation d'un langage descriptif ; de courtes phrases, des néologismes farfelus, des hésitations...*

*Le langage des compte - rendu des enfants peut paraître approximatif, « peu scientifique » au yeux de certains. Les enseignants aimeraient noter au cahier une synthèse plus structurée, avec vocabulaire plus spécifique, des explications plus formelles. Nous insistons pourtant sur l'importance de respecter le niveau de formulation de l'enfant, de ne pas lui imposer un saut conceptuel trop important lors des structurations. Trop souvent dans les cours de sciences les définitions notées au cahier et finalement à étudier, par la généralisation qu'elles apportent et les nouveaux concepts qu'elles utilisent, ne sont plus porteuses de sens pour l'enfant.*

*Lors des phases de structuration, le travail de l'animateur sera de réagir sur le fond, d'aider l'enfant à préciser l'idée et l'exprimer dans un langage accessible, de vérifier que le constat est bien en accord avec ce qui a été réalisé ou observé et non de donner l'explication toute faite des scientifiques sur le sujet. Il s'agit de reconnaître ces formulations provisoires d'enfant comme de premiers essais de traduction du réel. Une précaution est aussi d'éviter de généraliser les observations faites dans le contexte de la classe en vérités immuables. Des phrases introductives du type : « Aujourd'hui le (...), les enfants de troisième année de l'école de (...) ont réalisé telles actions*

*et ont observé que ...», permettent de contextualiser les conclusions sans les généraliser abusivement.*

### **III. Transmettre un mouvement circulaire**

#### **1. Boîte noire à engrenages : hypothèses et ... révélations**

*Devinez ce qui se passe à l'intérieur de ces « boîtes noires » pour que le mouvement de la 2<sup>e</sup> pièce soit différent de celui de la 1<sup>re</sup> ?*

Idéalement, cette séance fait suite à la visite du moulin au cours de laquelle, on aura pu observer la roue, les engrenages et les meules. Elle permet alors de structurer et de modéliser les observations en matière de transmission de mouvement et d'introduire par la suite le principe de transformation d'énergie.

Il est aussi possible de l'intégrer à la suite des expérimentations. On rappelle alors les constructions des enfants et on propose divers objets (on suggère aux enfants d'en apporter aussi) appliquant concrètement des mécanismes de rotations (essoreuses à salade, fouet à manivelle, montre à mécanisme visible, ...). Cet atelier devient alors tout-à-fait adéquat pour préparer la visite du site.

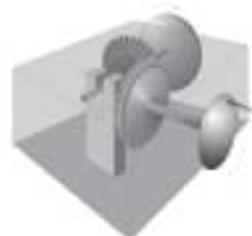
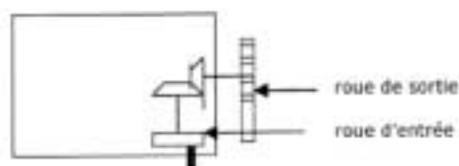
Quelle que soit la procédure, cette étape peut débuter par un essai de définition provisoire de l'engrenage. Par exemple : un ensemble de roues dentées qui permettent de transmettre le mouvement ... La séance permettra de confirmer, de préciser.

### Matériel : des boîtes contenant des engrenages (description).

Constructions d'engrenages, aux caractéristiques différentes, dissimulés dans des boîtes de carton dont ne sort que la pièce qui initie le mouvement et celle qui le subit.

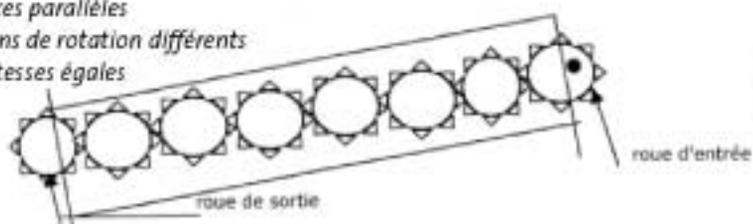
#### Boîte n°1

- axes perpendiculaires
- sens de rotation différents
- vitesses égales



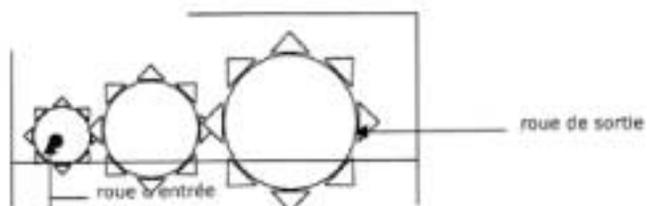
#### Boîte n°2

- axes parallèles
- sens de rotation différents
- vitesses égales



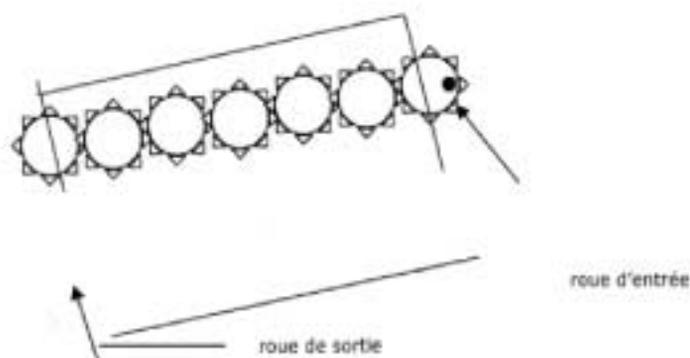
#### Boîte n°3

- axes parallèles
- sens de rotation identiques
- vitesses différentes



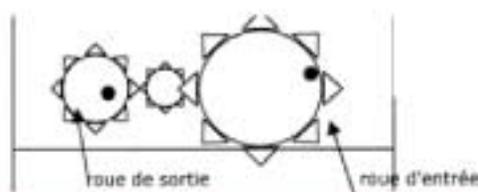
#### Boîte n°4

- axes parallèles
- sens de rotation identiques
- vitesses égales



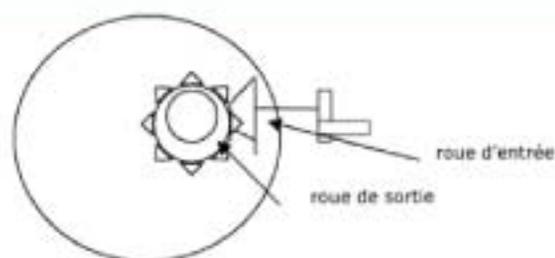
### Boîte n°5

- axes parallèles
- sens de rotation identique
- vitesses différentes



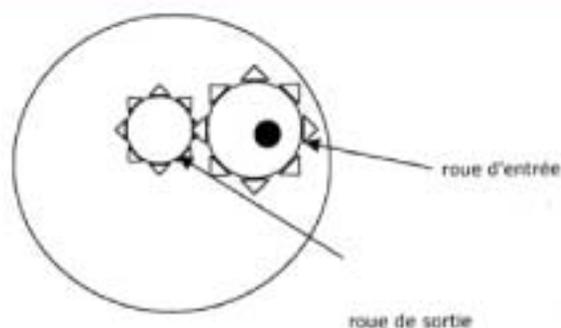
### Boîte n°6 (essoreuse à salade)

- axes perpendiculaires
- sens de rotation identiques
- vitesses différentes



### Boîte n°7 (essoreuse à salade)

- axes parallèles
- sens de rotation différents
- vitesses différentes



Par petits groupes, les enfants observent les boîtes, émettent des hypothèses puis réalisent les dessins qui illustrent les diverses possibilités de contenu et de fonctionnement.

En grand groupe, chaque représentant explique les schémas et on procède à l'ouverture des boîtes. On assiste à la confrontation entre hypothèses et réalité, à l'émergence de termes à préciser, on formule les définitions.

*Notions travaillées : changements de sens de rotation, de vitesse et de direction du mouvement dus aux si formidables engrenages.*

**Lors des expérimentations, les enseignants observent leurs élèves, se posent des questions...**

- On constate une grande difficulté à établir du lien si les activités ne sont pas dans une continuité spatio-temporelle. Chaque étape est vécue comme un tout en soi, isolé du reste. Cela se manifeste quand on interroge l'enfant sur le processus d'apprentissage. Il est important de faire des comparaisons, des distinctions entre les différentes étapes du projet.
- A chaque atelier, des enfants se lancent dans la création de dispositifs d'expérimentation très complexes mais sans possibilité de fonctionnement.

*Comment produire le déclic, sans briser la créativité ?*

*Parfois le manque d'assurance théorique fait que l'enseignant intègre mal adroitement certains apports des enfants. Il est important de cibler les points théoriques incontournables (Cf. Pour en savoir plus, p 32)*

## Feuille de route servant à guider la démarche

### Ca tourne ! Comment et pourquoi ?

#### GROUPE :

- 1) Dessine ce que tu vois (ce qui sort de la boîte).
- 2) Fais tourner la petite manivelle.

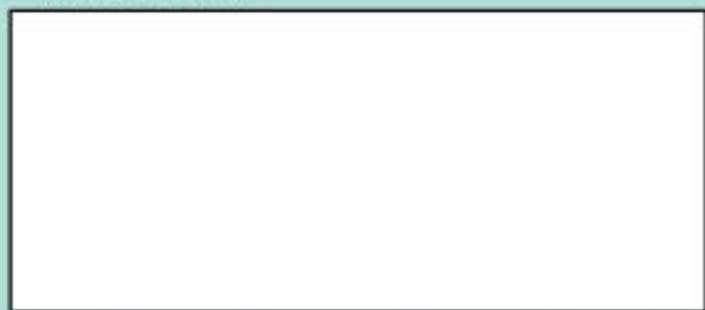


- 3) Quelle(s) différence(s) vois-tu entre la roue d'entrée et la roue de sortie ?

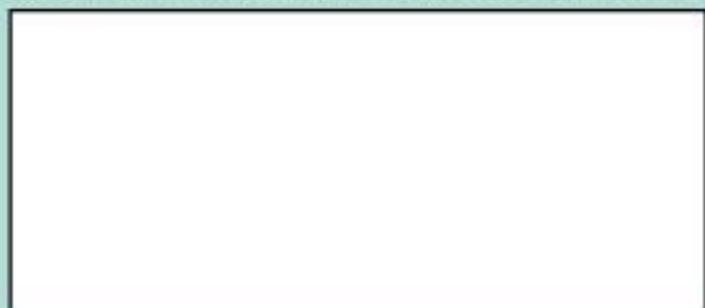
Choisis :

- Changement de sens.
- Changement de vitesse.
- Changement de direction (axe parallèle ou perpendiculaire)

- 4) Dessine les engrenages qui provoquent ce changement à l'intérieur de la boîte (sans l'ouvrir !).



- 5) Ouvre la boîte, découvre le système et dessine-le.



## Adaptation des démarches à l'école maternelle

### 1. Introduire l'idée de force de l'eau avec des sons et des images

Cette étape peut se faire avant ou après la visite comme préambule ou comme prétexte à remémoration. Cette façon de faire a été testée dans une classe verticale de 21 enfants.

Avec les enfants plus grands, l'évocation de la force de l'eau se faisait en leur demandant directement les expressions graphiques du concept, ce qui semblait trop complexe avec les petits. Nous avons donc opté pour une mise en situation où des stimuli concrets sont utilisés.

#### Matériel

1. Réaliser un enregistrement de «sons d'eau» de diverses intensités ; gouttes, cascades, pluie, ... (facilement trouvables sur internet). Les sons seront séparés les uns de autres afin de pouvoir être cernés bien distinctement. Une feuille structurée en cases sera donnée à chaque enfant afin qu'il puisse y reporter la représentation graphique suggéré par chacun des sons entendus.
2. Sélectionner deux séries de photos, l'une représentant des personnes et l'autre des objets dans différents contextes aquatiques ; dans la mer, sous une cascade, sous la douche, des objets flottant, emportés par le courant ...

#### A. Sons

Réunir les enfants en grand groupe.

*Fermez les yeux et écoutez bien !*

Proposer l'enregistrement d'une traite.

Faire suivre par une deuxième audition en arrêtant un bref instant après chaque son.

*Dessinez ce que vous entendez en utilisant des lignes ou des points, plus fins ou plus épais...*

Par la suite, on donne la parole à certain pour un commentaire, des comparaisons entre les représentations réalisées peuvent être faites ainsi que des confrontations de certains graphismes aux sons qui les ont motivées.





*Je faisais un tourbillon  
avec ma main*

## B. Images

Par petits groupes, proposer une à une chaque image à la vue des enfants.

**Regardez et dites-moi : où est cette personne, qui est-ce, semble-t-elle contente, aimez-vous la photo pour quoi, qu'arrive-t-il à ce bateau ... ?**

Les questions seront de plus en plus précises tentant de faire émerger les idées d'intensité, de force.

*Faire l'expérience de la sensation de résistance de l'eau avec sa main, provoquer un tourbillon avec un objet et tester la force qui entraîne celui-ci.*



## 2. Expérimentations

Par la suite, les expérimentations qui servent à tester la force de l'eau (sur mon corps, sur les objets) peuvent être introduites en établissant des liens avec ce qui a été dit à propos des photos. Elles seront organisées en ateliers tournants comme décrit précédemment. La présence d'un animateur (et du soleil) à chaque atelier est idéale ! De retour en classe après les ateliers, chacun dessine ce qu'il a vécu, vient l'expliquer à l'animateur/trice qui rédige un commentaire.



*En groupe, élaborer un agencement complexe de pompes, de tuyaux pour canaliser l'eau.*

*Je faisais le tourbillon  
avec le petit cœur.*



## SE REPRÉSENTER COMME « FACTEUR AGISSANT ».

*Lorsque l'on énonce la consigne précisant le dessin à réaliser pour rendre compte des expériences, il est intéressant de demander à l'enfant de se représenter lui-même, impliqué et responsable de son action.*

## I. MOTIVATION

**Découvrir un environnement spatio-temporel différent du sien, confronter ses représentations à la réalité en l'observant, en s'interrogeant.**

La démarche d'observation de ce qui constitue un cadre de vie lointain, dans le temps ou dans l'espace, n'est pas spontanée. La **curiosité** est une compétence à développer ; elle nécessite une connaissance de son propre milieu afin de pouvoir constater ce qui est **autre** puis elle exige l'élaboration de **critères** qui permettront la **comparaison**. Parce qu'elle amène surprises et émerveillements, elle se doit d'être intégrée à la pédagogie.

L'idéal est de commencer par la visite du moulin afin de respecter la chronologie historique.

La visite du moulin à eau et de la centrale hydroélectrique sont idéales pour susciter le questionnement ; des **sites** géographiques où l'eau et le relief jouent un rôle très précis, des **constructions** architecturales dont l'apparence ne laisse en rien présager de la sophistication de ce qu'elles cachent, des processus de **production** élaborés que des **hommes** et des **femmes** pratiquent pour fournir nourriture, matériau et énergie à leur semblables ...



## II. DÉROULEMENT DE LA VISITE

### OBJECTIFS :

- Se déplacer dans un lieu inconnu
- Regarder, observer, décrire
- Identifier les éléments significatifs dans la compréhension de la fonction d'un site particulier
- Faire des hypothèses quant à l'usage, au fonctionnement
- Poser des questions aux personnes ressources
- Garder des traces de ses observations, de ses réflexions (schémas, textes, photos)

# 'une micro-centrale hydraulique

L'organisation d'une double visite n'est pas chose facile à gérer. Si il est possible de consacrer un temps différent à chaque site, tant mieux, mais il est aussi tout-à-fait cohérent de combiner les deux. Le rappel des principales caractéristiques, en synthèse de chaque visite servira à introduire la suivante. Il permettra d'attirer l'attention, en les comparant sur tel élément commun ou dissemblable.

## MÉTHODOLOGIE :

### A. Le Moulin à eau

(cfr Pour en savoir plus p. 26)

#### « Extérieur – Intérieur »

Il est intéressant d'arriver à pied à distance du site afin de constater réellement sa topographie, de relever d'éventuels indices paysagers et d'avoir un aperçu global de ses différentes parties. Il faut aussi « en faire le tour », en curieux.

#### a) A l'extérieur, observez bien !

Au grand groupe rassemblé devant le moulin dont on a une vue d'ensemble ;

**A votre avis, à quoi sert cette grande roue ? Comment la décrire ? ...**

**D'où vient l'eau ? Où va-t-elle ?...**



Par groupe de trois, avec une feuille A4 divisée en deux parties ;

**Sur la partie supérieure, dessinez la roue et ce que vous imaginez qu'il y a derrière elle, dans le bâtiment.**

#### b) A l'intérieur

Par groupe de trois, avec la même feuille A4 ;

**Sur la partie inférieure, dessinez ce que vous voyez dans le bâtiment.**

Pour le dessin hypothétique de l'intérieur, on peut voir des projections très sophistiquées comme ci-dessus à gauche, un « réseau de tuyaux amenant l'eau aux vaches », ou comme à droite, où l'eau arrive tout simplement à l'intérieur de la maison.

Quant au mécanisme intérieur du moulin, la complexité des rouages et engrenages est difficile à schématiser, mais c'est un bon début !



## B. La micro-centrale hydroélectrique « Tout et partie »

L'étendue et le nombre d'éléments intervenants dans le paysage d'une centrale hydroélectrique; même « micro »-font qu'une des difficultés majeures de son approche réside dans la perception globale et la compréhension du fonctionnement de l'ensemble des parties (cf. pour en savoir plus, p 29)

La visite s'attachera à bien montrer chacune des étapes et le guide aura le soin d'expliquer le lien entre celles-ci pour qu'apparaissent bien les conditions nécessaires à ce fameux processus de transformation d'énergie.

Les constructions (le barrage, les canaux, le local technique), les notions de physiques (le débit et le volume d'eau, le dénivelé du barrage), les appareillages techniques (le déversoir, le dégrilleur, la turbine, la génératrice électrique), les sensations (la vue du site sous différents angles, le bruit de l'eau et des machines, l'ambiance des salles de production) constituent une masse importante d'informations et des stimulations très riches.

On ne peut que veiller à la meilleure ouverture possible de la part des enfants.

## SUGGESTION

### Envoyé Spécial

On associe les enfants par trois, on les charge d'être particulièrement attentifs à l'une des facettes et on leur donne comme mission de rapporter le plus d'informations possible à son sujet. Pour des enfants à même d'établir le lien entre un lieu et sa représentation, une fiche spécifique proposant une vue d'ensemble schématisée de l'endroit lieu sur la première partie et un espace libre sur la deuxième moitié peut aider à structurer les observations.

*Au cours de votre visite, observez tout ce qui se rapporte à votre thème. Situez le sur le plan et notez le plus d'informations possible. Un mot, un dessin, une phrase, utilisez ce que vous voulez. N'hésitez pas à poser vos questions au guide !*

Ces documents seront réutilisés lors d'une mise en commun en phase de structuration.



## I. MOTIVATION

**Rencontrer des experts pouvant témoigner de l'actualisation de la technologie ainsi que des initiatives de réhabilitation de sites anciens.**

Pénétrer dans une salle des **machines en fonctionnement** et pouvoir y observer des **hommes au travail** sont des situations que l'on n'a pas souvent l'occasion de vivre. Il suffit de le faire une fois pour se rendre compte de la richesse de l'expérience et avoir envie de la faire vivre aux enfants.

Les stimulations sensorielles, le fonctionnement des machines et l'**expertise** des professionnels qui les maîtrisent impressionnent, suscitent un sentiment de curiosité, inspirent le respect. Un moulin restauré évoque le passé et même s'il permet visibilité et compréhension plus aisée de la mécanique qu'un site contemporain, il ne nous projette pas dans la réalité d'un processus qui lie science, technologie et société comme la visite d'une centrale le permet. L'intérêt du travail d'éveil aux principes physiques de la force de l'eau et de la transformation d'énergie mené en classe lors des expérimentations se révèle à nouveau ici, dans la contribution à la compréhension d'une technologie actuelle. Quant à la rencontre avec les équipes humai-

nes qui maîtrisent ces savoirs, elle valorise l'enfant en tant qu'interlocuteur et lui permet de **se projeter**, à terme, dans une activité professionnelle jusque-là méconnue.



A l'intérieur de l'usine de Mérytherm ; vision du flot de l'Ourthe après son passage dans la turbine.



Les cuves où sont plongées les lames de fer incandescentes.

## II. DÉROULEMENT DE LA RENCONTRE

L'idéal est de commencer par la visite du moulin afin de respecter la chronologie historique.

### OBJECTIFS :

- Aller à la rencontre d'entrepreneurs, de responsables d'entreprise afin d'avoir une représentation précise de leur activité
- Constater l'évolution de la production d'énergie à l'aide de l'eau (le site, les machines, l'utilisation)
- Voir la réalité du travail en usine
- Pouvoir observer différents stades de production
- Organiser une rencontre « intergénérationnelle » ; prendre contact, se présenter, formuler des questions
- Garder des traces, gérer les informations récoltées
- Communiquer les informations

## MÉTHODOLOGIE :

Avant de partir, il est important de resituer les visites dans le contexte du projet, quel que soit l'ordre des étapes. Réfléchir, avec les enfants, aux liens entre les différentes actions contribue au sens même de l'initiative.

Selon le travail déjà réalisé, les questions seront plus ou moins ouvertes.

Racontez-nous ce que vous faites sur une journée ?

A quelle vitesse tourne la turbine ?

Les questions spontanées, suscitées lors de la visite même, sont évidemment aussi très précieuses !

Les thèmes à aborder sont nombreux; voici ceux qui nous semblent incontournables :

- l'évolution du site jusqu'aujourd'hui
- la description des lieux et leur fonction dans la chaîne de production
- l'utilisation de l'énergie produite
- le travail des hommes (quelle formation ?, quelle responsabilité ?, quelles conditions de travail ?, l'agréable, le pénible,...)



## Applications créatives

### I. MOTIVATION

**Transférer les compétences acquises, agir concrètement et communiquer son expertise à un public.**

#### Avertissement

Le thème des moulins à eau et des micro-centrales hydrauliques offre de très nombreuses possibilités d'apprentissage sur de nombreux sujets.

Les expérimentations sur la force de l'eau et la transformation d'énergie, les visites des deux sites, ont pris du temps et nous n'avons guère été aussi loin que nous le pensions dans cette phase d'application. L'utilité de l'analyse d'un projet mené comme celui-ci est de prévenir des difficultés. Dans ce cas, il s'agit de prévoir un calendrier réaliste !

Reportages photos commentés des visites et tests de maquette de systèmes hydrauliques montrant la transformation d'énergie ont été les réalisations abouties au cours de cette année 2006. Nous avons imaginé la construction de maquettes par les enfants eux-mêmes, la réalisation d'affiches promotionnant l'énergie « verte », ou encore, la suite de l'aménagement de la « Maison fraîche des temps chauds » initié dans le cadre du projet précédent d'Hypothèse « Glacières à glace naturelle ». Cette étape donnant lieu à une réalisation est aussi l'occasion qui

motivera le rappel du contenu du projet dans son ensemble et qui permettra de désigner les apprentissages qu'il a permis dans chaque partie.

### II. DÉROULEMENT DES ACTIVITÉS

#### OBJECTIFS :

- Prendre conscience des connaissances acquises et concrétiser par un objet ou une action, le pouvoir qu'elles donnent
- Communiquer ces connaissances
- Se poser des questions à propos d'un nouvel aspect d'une problématique familière et chercher quelles compétences mettre en œuvre pour y répondre
- Remettre ses connaissances en question, expérimenter de nouvelles pistes si nécessaire
- Collaborer
- Créer avec plaisir

#### MÉTHODOLOGIE :

##### En introduction

- **Rappel** des activités vécues dans le cadre du projet depuis le début.
- **les expériences** qui ont abouti à déterminer les critères utiles pour définir la force de l'eau, les constructions réalisées pour prouver cette force, l'observation du fonctionnement des engrenages et du principe de transformation d'énergie
- **les visites** qui ont (entre autre) permis de constater l'application, dans la réalité, des principes testés en classe

Tous les documents (schémas, photos, synthèses) qui ont structuré les informations au fil du temps seront ici bien utiles.

## Action !

Réaliser un compte rendu des visites du moulin de Val Dieu et de la Fenderie (microcentrale hydraulique) à Trooz.

Les photos, prises par l'enseignant dans ce cas-ci, sont proposées aux enfants qui effectuent un choix, les positionnent selon une logique (à déterminer) puis les commentent.

La finition esthétique du travail dépendra du temps qu'il est possible de lui consacrer.

L'objectif de remémoration du vécu est ici privilégié.

Ces panneaux ont été réalisés par les élèves de 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> primaire de Basse-Préalles.



Voici le moulin de Val Dieu. Il a été créé en 1216 et a fonctionné jusqu'en 1373. Sa roue tourne grâce à la force de l'eau !

①

Voici nous montrons le cœur du moulin.



Plus il pleut, plus il y a de l'eau dans le ruisseau, plus il y a de débit. On voit donc produire plus d'électricité.



"UAC Boom!":

Une branche est coincée dans le barrage. On attendra l'été (moins d'eau) pour réparer.



Voici le moteur de la turbine. La turbine se tourne en - dans et fabrique l'électricité grâce à l'eau qui y passe.

⑩

Les légendes des photos sont de registres différents ; elles décrivent en nommant les éléments, renseignent des informations complémentaires, intègrent l'enfant, mentionnent des choses plus anecdotiques.

## Tester des maquettes de moulin à la rivière

Au fil des diverses activités menées avec les enfants, le projet a suscité réflexion, recherche et création dans le chef des instituteurs partenaires et des animateurs d'Hypothèse. Ceux-ci sont arrivés assez naturellement à la réalisation de modèles réduits de machines hydrauliques qui permettraient une suite méthodologique cohérente à la démarche.

Lors des expériences « pour voir » la force de l'eau, les enfants avaient réalisé des constructions « qui tournent en utilisant cette énergie ». Certains critères avaient alors émergé ; le nombre de pales, leur forme, « l'épaisseur » du jet d'eau, son orientation ... A ce stade, la démarche d'éveil de la curiosité des enfants à l'égard de phénomènes physiques non conceptualisés, la mise au défi qui suscite envie et créativité étaient pleinement à l'œuvre.

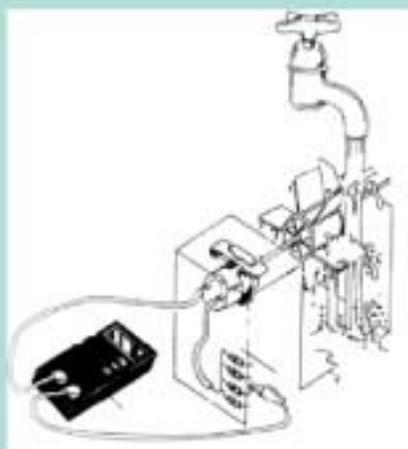
Cette fois, l'approche expérimentale mènera les enfants à organiser des critères en variables nécessaires à la mesure de résultats, à comprendre le caractère indispensable d'une attitude rigoureuse lors d'expériences d'un nouveau statut : les expériences « pour vérifier ».



Inspirées des maquettes des enfants.



Additionnée d'un instrument de mesure qui prouve également la transformation de l'nrj.



Teacher's and pupil's guide to Water Power projects de Mike Farmer, University of Central England, Birmingham



Les maquettes, réalisées par un adulte à partir des réalisations des enfants, leur sont proposées. Ils doivent en observer les caractéristiques et, à l'aide de leurs souvenirs des étapes précédentes, décider de critères valides.

Un temps de questionnement préalable s'impose donc.

Quelle taille a le moulin ?

Quelle forme ont ses palles ? Combien y en a-t-il ? Quel est leur espacement ?

Sur le terrain des manipulations, les berges du ruisseau La Haze, les élèves de Lincé ont choisis deux endroits. Ce sont cette fois les critères de hauteur de chute et de débit d'eau qui sont pris en compte.

Un moulin est testé sous la cascade d'un petit barrage, l'autre dans le courant du ruisseau.

Beaucoup de facteurs sont à prendre en compte et la reproduction des tests avec les différentes constructions nécessite attention et rigueur. Outil de mesure et prise de notes sont indispensables !

## E | Pour en savoir plus

### I. DU MOULIN À EAU À LA MICROCENTRALE

Les ouvrages hydrauliques ont été nombreux dans nos régions parcourues de rivières et d'innombrables petits cours d'eau bénéficiant tantôt d'un régime de plaine, tantôt d'un débit rapide voire torrentiel. Depuis le Moyen Âge, leurs rives ont accueilli quantité de moulins de tous types affectés à la mouture des céréales, au broyage des pigments ou d'écorces, à la pulvérisation de certains minéraux. Les affineries, les fenderies, les laminoirs, les forges ont participé au développement de l'industrie sidérurgique et assuré très tôt, loin au-delà des limites territoriales anciennes, la reconnaissance d'une technologie de

grande qualité. Les scieries de bois et de pierre ont permis le développement d'activités spécifiques liées à l'exploitation des grands domaines boisés et des carrières de pierre tandis que les fouleries et les moulins à papier témoignent de la maîtrise d'artisans très tôt réunis en corporation pour assurer la défense de leur métier.

À la fin du XIX<sup>e</sup> siècle, la turbine hydraulique remplace de plus en plus la roue du moulin. Elle participe à la modernisation des installations et à l'accroissement de la production. Enfin, elle trouve une application particulière dans la production d'électricité locale ou domestique sous la forme de la microcentrale. « Les ouvrages hydrauliques », coll. Héritage de Wallonie, Qualité Village – Wallonie, édition du Perron, 1997.

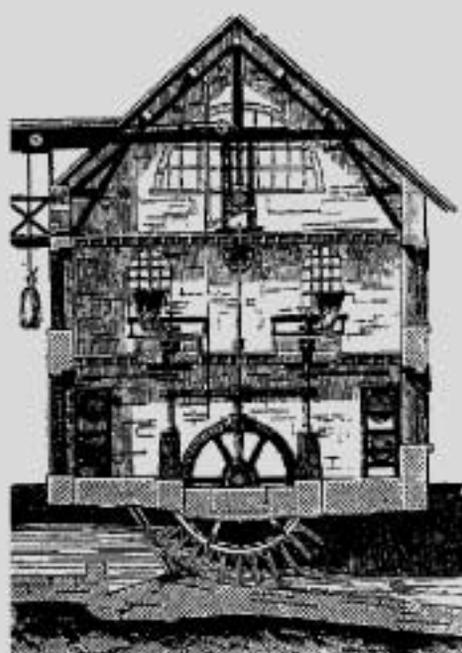
## 1. LE MOULIN À EAU

### A Description

*La structure du moulin résulte de l'application regroupée de trois inventions : la roue verticale à aubes qui transmet le mouvement, l'engrenage qui le renvoie à angle droit, la paire de meules.*

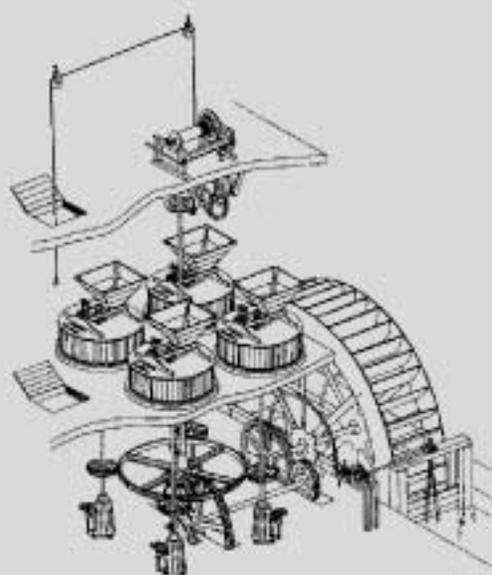
L'eau vient de la rivière au moulin par un bief (canal de dérivation). La vanne moleresse règle le débit du bief qui entre dans le chenal (espace où tourne la roue), la vanne du déversoir gère le surplus d'eau et lui fait retrouver la rivière. La roue à augets (pales creuses pouvant se remplir d'eau et dont le poids fait tourner la roue), alimentée par le dessous, transmet le mouvement à un rouet (engrenage se trouvant sur le même axe que la roue) qui entraîne un axe vertical. Sur celui-ci, le hérisson (engrenage horizontal) entraîne deux fers de meule. Deux blutoirs (tamisent et séparent la farine en différentes qualités) sont mis en mouvement par les fers de meule. Le monte sac est aussi raccordé à l'arbre vertical.

Alors que le mouvement de transmission se fait de bas en haut (le rez-de-chaussée abrite la machinerie destinée à transmettre l'énergie fournie par la rotation de la roue hydraulique à l'ensemble du dispositif de meunerie), le travail du meunier s'organise à partir du grenier. Les grains stockés au dernier étage sont versés dans les trémies à l'étage inférieur. La farine est recueillie au rez-de-chaussée où elle est blutée.



(H. De Graffigny, Les moteurs anciens et modernes, Paris, Hachette, 1881, p.40, fig.17)

2. Schéma technique du moulin à eau (en 1881)



« Les ouvrages hydrauliques », coll. Héritage de Wallonie, Qualité Village – Wallonie, édition du Perron, 1997, p.73

## B. Les meules

C'est l'action de la meule tournante sur la meule fixe (la dormante ou gisante) qui permettra au grain de blé d'être écrasé entre les pierres et de libérer ainsi la farine. Leur poids varie de 400 kilos à 3 tonnes. Elles sont en grès, en granit ou en silex. L'alimentation des meules se fait grâce à une trémie posée au dessus des meules et à un auget qui va conduire petit à petit le blé au centre de la pierre creusée en un cercle de 30 cm de diamètre. Pour que le grain tombe régulièrement dans l'auget, celui-ci est secoué par le babillard, pièce métallique fixée en prolongement de l'axe vertical qui produit un son de tic tac. Quand il n'y a plus de farine, une petite sonnette s'agite pour prévenir le meunier. L'accès du grain entre les meules se fait par une ouverture en forme de cône de 3 à 4 cm au centre de la pierre de dessus. La force centrifuge va faire avancer le grain broyé vers la périphérie des meules dont les surfaces sont creusées de sillons. Le meunier règle l'écartement des meules pour obtenir une mouture plus ou moins fine. Pour que la mouture ne se répande pas partout, les meules sont couvertes par une archure. Ce couvercle de bois est obligatoirement rond ou octogonal car la farine ne peut s'accumuler dans les angles ; le client veut obtenir à la sortie la quantité correspondante au grain confié au meunier !



## C. Multiplication des moulins et développement des villes.

Le moulin hydraulique se multiplie après l'an mil, parallèlement au développement des villes qu'il faut approvisionner et à l'instauration du système féodal. Le moulin devient « banal » (installation d'usage public et obligatoire, soumise à un droit du seigneur) comme le pressoir, le four ou le puits. Le moulin devient indispensable aux propriétaires de grands domaines leur permettant de nourrir les communautés villageoises et de disposer d'une monnaie d'échange lorsque se développent les grands circuits commerciaux. Par la suite, au fil des améliorations techniques, le moulin verra ses fonctions se diversifier.

## D. La Vie au Moulin

Les meuniers étaient considérés comme appartenant à une corporation à part dans la société rurale. Certains étaient propriétaires, d'autres affermaient leur moulin à un propriétaire en lui payant un loyer sous forme de sacs de blé ou de céréales. Le prélèvement en nature était un réel avantage même si le travail était pénible (livraisons de sacs pesants quelque soit le temps). Le calibre, c'est-à-dire le nombre de meules dont le moulin était doté et la quantité de blé moulu dans l'année faisaient des meuniers parfois très riches. Une paire de meules écrasait en moyenne 100 kilos de blé à l'heure pour donner 50 kilos de farine, le meunier prélevait 1 dixième du poids pour payer son travail. Il ne restait donc que 45 kilos de farine. Le son (enveloppe du grain) était pour le paysan.

Au minimum, le meunier était assuré de pouvoir nourrir toute sa famille sans être soumis aux aléas des mauvaises récoltes, cela créait des jalousies auprès de ceux qui ne mangeaient pas toujours à leur faim.

Le meunier était ainsi souvent l'objet de railleries de la part des clients. De nombreuses expressions le concernant sont toujours utilisées témoignant de la place importante des meuniers et des moulins dans l'organisation sociale de nos campagnes du temps de nos grands parents. « être au four et au moulin », « apporter de l'eau au moulin » « change de meunier, change de voleur », ...

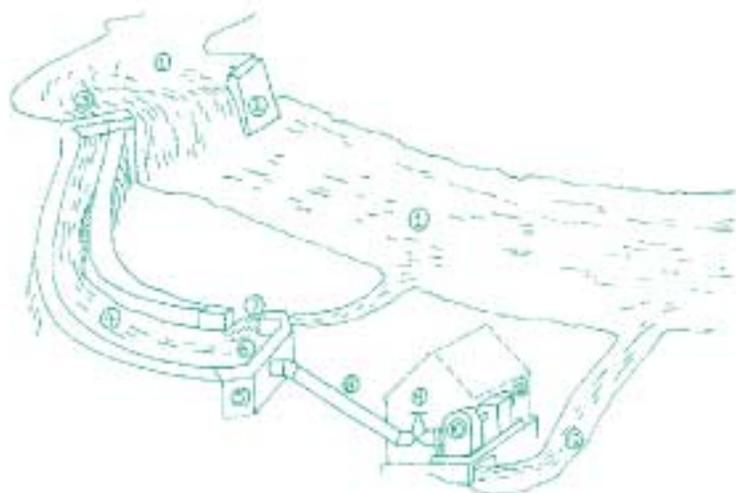
## 2. LA MICROCENTRALE HYDRAULIQUE

### A. Le principe hydroélectrique

L'énergie électrique est produite grâce à des ensembles turbines-alternateurs. L'eau qui s'écoule du bief supérieur (amont du barrage) vers le bief inférieur (aval du barrage), provoque, par sa vitesse, la rotation d'une hélice appelée turbine hydraulique. Cette hélice est couplée à un alternateur qui transforme cette énergie mécanique en énergie électrique.

### B. Descriptif de l'installation

Sur la rivière (1), à hauteur d'un barrage avec déversoir (2), un ouvrage de dérivation barre le cours d'eau en partie et contrôle l'envoi de l'eau déviée dans le canal d'amenée (3,4). On dit qu'il dérive le débit à turbiner. Sur ce trajet, des vannes et des grilles de protection sont disposées (5,6,7). L'eau est canalisée par un conduit (8) contrôlé par une valve (9) et amenée dans un bâtiment sommaire qui abrite les équipements hydroélectriques ; une ou plusieurs turbines (10), un système de transmission, de multiplication et un régulateur de vitesse, une ou plusieurs génératrices (11), dynamos ou alternateurs, un ensemble de robinets et de vannes d'isolation, un tableau électrique. Les eaux turbinées s'évacuent par un canal de fuite (12)



Le débit d'eau, la hauteur de chute, les caractéristiques topographiques du site sont les critères dont dépend l'installation de la microcentrale.

## C Mérytherm.

### Activités actuelles :

Mérytherm s.a. est une petite entreprise active dans le traitement thermique des métaux en tant que sous-traitant et producteur d'hydroélectricité grâce à deux centrales situées sur l'Ourthe et l'Amblève.

La production d'électricité verte est relativement constante depuis plus de vingt ans. La puissance installée est de 25 + 40 kW sur l'Amblève et de 45 + 90 kW sur l'Ourthe. L'énergie ainsi produite annuellement représente 1.200.000 kWh soit 1200 MWh/an.

Les chutes exploitées sont de l'ordre de 2,5 m à 3 m, il s'agit donc de basses chutes. Les techniques et les types de turbines ont bien évolué dans ce domaine de chute et les turbines existantes datant principalement de 1920 ont été remplacées par des turbines modernes plus performantes

L'équipe de Mérytherm est composée de deux ingénieurs et de trois ouvriers.

### Historique :

Mérytherm s.a. existe depuis 1995, date à laquelle l'activité de production d'électricité devient prépondérante. En effet le site industriel de Méry occupait une fabrique de cylindres de laminoir qui cessa ses activités en 1995.

Depuis sa construction en 1873, le site est équipé de machines hydrauliques qui fournissaient la force motrice aux diverses activités. Tout d'abord deux roues à aubes de type « Poncelet » de +/- 8 m de diamètre et de 2 m de large,

ensuite deux turbines de type Francis dans les années 1920, électrifiées dans les années 1980 et enfin des turbines de type Kaplan.

Les halls d'usinage possédaient une zone de traitement thermique des métaux intégrée dans laquelle les cylindres subissaient leurs traitements thermiques. Cette zone était composée de fours au coke et à gaz qui furent électrifiés dans les années 1960. Depuis l'électrification des turbines dans les années 1980, l'usine était auto-productrice mais pas auto-suffisante, une liaison avec le réseau de distribution moyenne tension (16 kV) était donc nécessaire. Depuis 1995, Mérytherm a repris l'exploitation de ces fours et intervient comme sous-traitant pour les acteurs de l'industrie mécanique. Cette activité consomme environ 1/3 de l'énergie produite par les turbines du site, Mérytherm vend donc l'excédant de production électrique au réseau de distribution. Vu les puissances installées des fours, Mérytherm achète toujours environ 50 % de ses besoins en électricité au réseau.

Avec la libéralisation du marché de l'électricité, Mérytherm est éligible et peut négocier ces fournitures en électricité sur un marché ouvert. L'ouverture du marché lui permet aussi de choisir l'acheteur le plus offrant pour son excès de production.

MERYTHERM s.a.

Promenade du Déversoir 26

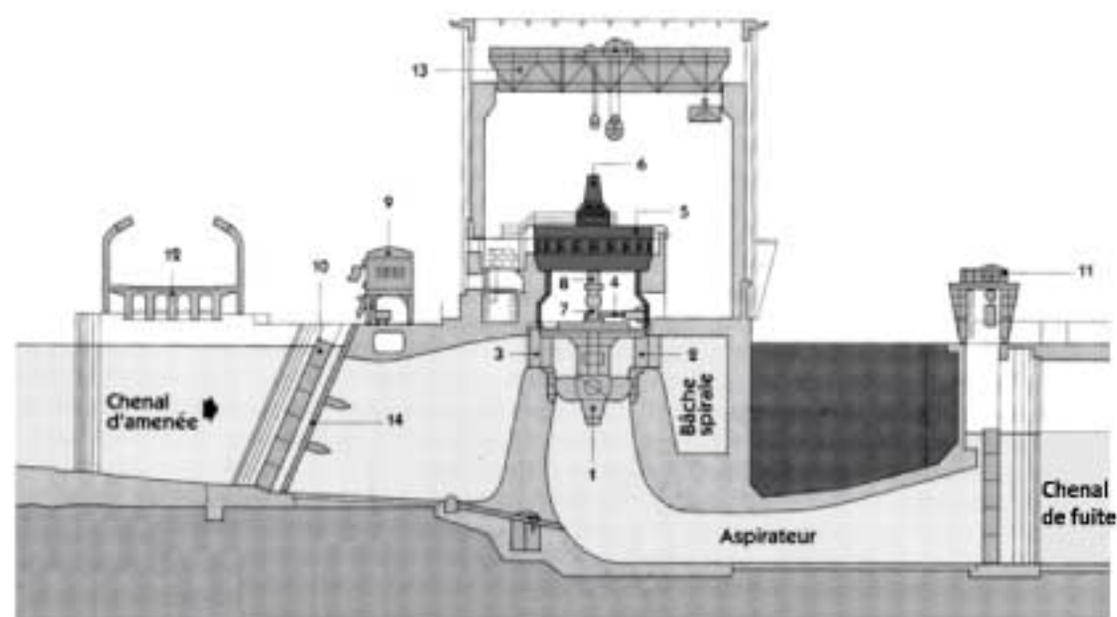
4130 Mery - ESNEUX

Tel : 00.32.4.388.12.70

## D Les centrales hydroélectriques d'Ivoz-Ramet et de Monsin (Société de Production d'Electricité)

Situées respectivement en amont et en aval de Liège, les centrales d'Ivoz-Ramet et de Monsin ont été les premières unités hydrauliques construites et mises en service par la SOCOLIE en 1954. Elles présentent le même type d'équipement, trois turbines Kaplan à axe vertical d'un débit total maximum de 285 m<sup>3</sup>/s pour Ivoz-Ramet et de 450 m<sup>3</sup>/s pour Monsin, leur permettant d'exploiter la totalité du débit de la Meuse, plus de 300 jours par an.

De plus, ce type de machine permet grâce à ses pales orientables, une grande souplesse d'utilisation parfaitement adaptée aux variations importantes du débit de la Meuse. Pour preuve, leurs productions annuelles moyennes conjuguées s'élèvent à plus de 100 millions de kWh grâce à l'optimisation réalisée par le personnel d'exploitation de la SPE. Une telle production correspond à une consommation de 22.000 m<sup>3</sup> de mazout par an dans une centrale thermique classique.



**Légende :** 1. Roue Kaplan - 2. Directrices - 3. Prédirectrices - 4. Servomoteurs de vannage - 5. Alternateur-parapluie - 6. Excitatrices - 7. Arbre intermédiaire - 8. Arbre de l'alternateur - 9. Dégrilleur - 10. Batardeaux amont - 11. Portique à batardeaux aval - 12. Pont routier - 13. Pont roulant.

### Accès à la centrale hydroélectrique d'Ivoz-Ramet

Quai du Halage, 1 • B-4400 Flémalle • Tél : 04/33 03 020 (dispatching)

## II. RAPPELS THÉORIQUES À PROPOS DE L'ÉNERGIE ET DE SES TRANSFORMATIONS

Ces notions sont destinées à l'animateur. Se rappeler les notions physiques en jeu et cibler les concepts visés en finalité (au secondaire) permet de mieux concevoir en primaire les séances d'éveil scientifique. Ce résumé n'est en aucun cas une synthèse théorique pour l'enfant. Ces explications font appel à des notions abstraites et les évoquer ne permet pas à l'enfant de construire un savoir utile. En effet, chez le jeune enfant, des explications théoriques d'un niveau de formulation peu adapté constitue un frein à la curiosité et à l'appropriation.

Constatons avec eux mais évitons de nous lancer dans des explications trop théoriques!

Il est important dans le thème ici proposé de rappeler quelques notions de physique à propos de l'énergie. En effet, le fonctionnement d'un moulin à eau repose sur une transformation d'une énergie mécanique potentielle (contenue dans l'eau) en énergie mécanique cinétique dans la roue qui tourne. Par une transmission de mouvement, l'énergie de la roue qui tourne servira à effectuer un travail : écraser le grain. Dans les microcentrales visitées, l'énergie potentielle hydraulique, servira à faire tourner une turbine qui permettra la production d'un courant électrique.

### QU'EST CE QUE L'ÉNERGIE ?

Bien que ce soit un concept fondamental qui intervient dans de très nombreuses applications, l'énergie est une notion abstraite. C'est une grandeur qui représente la capacité d'un système ou d'un corps à produire un travail, à modifier l'état d'autres systèmes, à fabriquer de la lumière, de la chaleur ou à produire un mouvement.

L'énergie d'un système, tout comme la quantité de travail qu'elle permet de réaliser, se mesure en joules.

Les formes communes d'énergie sont l'énergie mécanique (potentielle et cinétique), l'énergie thermique, l'énergie électromagnétique (électricité, lumière), l'énergie nucléaire ou radiative, et l'énergie chimique.

Dans un système fermé, l'énergie circule et se transforme mais la quantité d'énergie totale du système est constante. Lorsque dans un tel système de l'énergie semble disparaître, on la retrouve sous une ou plusieurs autres formes. Elle n'est donc ni créée ni détruite. C'est la loi de conservation d'un système ou premier principe de thermodynamique. L'énergie peut se diviser et se transformer mais la somme des énergies transformées est toujours égale à l'énergie initiale.

Exemple : dans un moteur électrique, l'énergie électromagnétique se transforme en énergie mécanique (mouvement) et en énergie thermique (chaleur). Malheureusement, on n'arrive jamais à récupérer toute l'énergie transformée, une partie se dissipe en chaleur dans la «nature»

## ENERGIE ET PUISSANCE

Il nous semble judicieux de préciser la nature d'une autre grandeur proche de l'énergie, la puissance.

Si nous reprenons le cas du moulin à grain, nous pouvons imaginer moudre un sac de grain au pilon à la force du bras, il nous faudra un certain temps ! La meule quant à elle effectuera ce même travail (moudre le contenu d'un sac de grain) mais en un temps plus court. Dans les deux cas, la quantité d'énergie à fournir est la même mais la machine effectue le travail plus rapidement. On dira que la meule actionnée par la roue du moulin est plus puissante.

La puissance est donc le travail effectué (ou l'énergie fournie) par unité de temps. Elle se mesure en Watt (W). Le watt (unité de puissance) correspond donc dans le système international de mesure à des joules par secondes.

L'énergie que produit une microcentrale se vend sous la forme de Kilowatt heure, il s'agit d'une puissance d'un kilowatt, fournie durant une heure ( $1\text{kWh} = 1000\text{W} \cdot 3600\text{s} = 3.600.000\text{ Joules}$ ).

L'énergie hydraulique est l'énergie mise en jeu lors du déplacement ou de l'accumulation d'un fluide incompressible telle que l'eau. Ce déplacement va produire un travail mécanique qui est utilisé directement ou converti sous forme d'électricité.

Dans la centrale hydraulique et dans le moulin à eau, la quantité d'énergie produite dépend de deux facteurs : la quantité d'eau par unité de temps alimentant la turbine ou la roue (définie

par le débit de la rivière en  $\text{m}^3$  par seconde) et la hauteur de la chute d'eau. En effet, l'énergie potentielle d'une chute d'eau dépend de la masse d'eau qui tombe et de la hauteur comme l'indique la relation :  $E = mgh$  ( $m$  pour masse,  $g$  pour la constante de gravitation terrestre qui vaut  $9,81$  et  $h$  pour la hauteur de la chute)

Une faible masse d'eau tombant de haut sur une turbine peut entraîner la production de la même quantité d'électricité que beaucoup d'eau dévalant un faible dénivelé.

## COMMENT EST RÉCUPÉRÉE L'ÉNERGIE HYDRAULIQUE DANS LES MOULINS À EAU ?

Les roues des moulins à eau sont le plus souvent verticales.

Les roues sont alimentées en eau soit par dessous ou par-dessus.

La roue alimentée par dessous est pourvue à son pourtour de larges palettes (aubes). Elle tourne directement dans la rivière. L'eau agit grâce à la force avec laquelle elle vient choquer les aubes. Ce type de roue, apparue la première dans nos régions, nécessite un débit important et constant.

La roue par-dessus, plus fréquente aujourd'hui, apparaît plus tardivement. Dans ce cas, la roue est dotée de petits compartiments de bois, les augets (sorte de cuillères), destinés à recevoir l'eau du ruisseau. Chaque auget doit se remplir lentement mais régulièrement et se vider à mi-course de manière à profiter le plus longtemps possible du poids de l'eau emmagasinée sans toutefois freiner la roue une fois son axe

passé. Dans ce cas, c'est donc le poids de l'eau dans les augets qui fait tourner la roue. L'eau récupérée se déverse sous la roue, dans le canal de fuite qui rejoint la rivière en aval. Ce type de roue peut fonctionner avec un débit plus faible mais nécessite la création d'un canal de dérivation pour amener l'eau au sommet de la roue.

#### PARTENAIRES ET RESSOURCES

Voici les enseignants associés à la mise en place de la démarche sur le terrain. Nous les remercions vivement pour leur accueil et leur collaboration tant dans la réflexion méthodologique que dans sa concrétisation avec les enfants.

- **Ecole libre de Prealle Bas :**  
Madame Brigitte Nicolay, Madame Annick Feron, Messieurs Benjamin Hardy et Olivier Jehaes et les enfants de 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> année • 04/264 19 39
- **Ecole communale de Lincé :**  
Monsieur Pierre Toussaint et les enfants de 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> année • 04/382 14 56
- **Ecole communale de Kin - Stoqueu (Aywaille) :**  
Monsieur Alain Grignet et les enfants de 4<sup>e</sup> et 5<sup>e</sup> année • 04/384 58 66
- **Ecole libre de Theux :**  
Madame Carine Pelsser et les enfants de 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> maternelle • 087/54 23 82
- **Ecole communale d'Esneux Monfort :**  
Madame Florence Mattez et les enfants de 5<sup>e</sup> immersion anglais • 04/380 34 93

Maquette et supports didactiques : Serge Nanson, membre d'Hypothèse.

#### RESPONSABLES DES VISITES DE SITES (ET PERSONNES RESSOURCES)

Les moulins à eau sont très nombreux et un grand nombre d'entre eux sont visitables.

L'asbl Qualité-Village-Wallonie en a fait le recensement et peut très bien renseigner les caractéristiques de moulins proches de vos écoles.

Madame Marie De Selliers • 04/379 05 01 • qvw@belgacom.net

Voici les moulins que nous avons eu le plaisir de visiter lors du projet

- Moulin du Valdieu à Aubel 087/68 01 70 visite commentée, payante, du moulin qui « fonctionne » par Monsieur Van Wersch
- Moulin du Blocquay à Comblain-Fairon, visite du mécanisme et des meules bien restaurés par Monsieur et Madame Degueldre 086/38 90 29
- Moulin de la Haze à Esneux, Monsieur Lempereur 04/ 380 15 21
- Moulin du musée de Harzé, visite avec audio-guide du moulin qui fonctionne et du musée de la boulangerie, ouvert de Mai à Octobre ou sur rendez-vous 086/21 20 33

Les microcentrales hydroélectriques bénéficient d'une quantité impressionnante de documents et d'informations à leur sujet, il suffit d'aller sur le net pour être comblé.

Une référence en la matière : l'asbl APERE (Association pour la Promotion des Energies Renouvelables), service d'informations et de formations (animations pédagogiques, [www.apere.org](http://www.apere.org) 02/218 78 99

Voici les lieux où nous avons été accueillis avec beaucoup de gentillesse

- La Fendrie à Trooz, chez Monsieur Scheen 087/33 37 34
- Mérytherm à Esneux, chez Monsieur Duchêne 04/388 12 70

La Société de Production d'Electricité organise également la visite de la centrale d'Ivoz-Ramet. On peut y voir la salle de contrôle d'où les principales centrales de la SPE sur la Meuse sont télésurveillées et télécommandées, la salle des machines où se trouve une maquette et le dégrilleur.

Monsieur Sorini ou Madame Orban 04/3304622

(Il était question de rendre ces visites payantes) [orb@spe.be](mailto:orb@spe.be)

#### BIBLIOGRAPHIE (POUR EN SAVOIR PLUS)

- Les ouvrages hydrauliques, coll. Héritage de Wallonie, Qualité Village Wallonie, édition du Perron, 1997.
- BAVAY G., CAUCHIES J.-M., Moulins en Hainaut, Crédit Communal, 1987.
- MAUCOR Jean-Bernard et Serge, le GRET (Groupe de recherche et d'échanges technologiques), Micro - Centrales hydrauliques, éd. Alternatives, 1984.
- Guide des énergies renouvelables, Ministère de la Région Wallonne, 1994. (réalisé par l'APERE).
- URSSSEL M., Du rouet, de la roue à auget à la turbine hydraulique, éd. Ol Coutou, isbn : 2-907108-11-5
- De Harlez De Deulin N. ; Robberts L. ( coord.) - Les ouvrages hydrauliques -

Edition du Perron - 1997

- Kane J ; Sternheim M.- Physique 3<sup>e</sup> édition - Edition Dunod - 2004
- T'Sterstevens J.J. - Apere Asbl - « L'énergie » Présentation générale – document de conférence ( Août 2005)
- Garman P - Water current turbines a fieldworkers guide - ISBN :0-946688-27-3

Les publications du CAT (Centre for Alternative Technology education), don't le Teacher's and pupil's guide to Water Power projects de Mike Farmer, University of Central England. Birmingham

Sites

- [www.spe.be](http://www.spe.be)
- [www.users.swing.be/ecotopie/hydro.html](http://www.users.swing.be/ecotopie/hydro.html)
- [www.moulin-poyaller.com](http://www.moulin-poyaller.com)
- [www.climat.be](http://www.climat.be)
- [www.ademe.fr](http://www.ademe.fr)
- [www.wikipedia.fr](http://www.wikipedia.fr)

et beaucoup d'autres !

Prolongements en matière d'éveil scientifique et d'éducation aux énergies renouvelables

- [www.hypothese.be](http://www.hypothese.be)  
fiches d'activités en complément de la démarche décrite dans cette brochure (engranages, énergie et transformation de l'énergie)
- [www.lamap.fr](http://www.lamap.fr)
- [www.enseignement.be](http://www.enseignement.be) (Soizic Melin - Université de Mons Hainaut - centre de didactique des sciences. Fiches « Simples mais très utiles ces machines! »)
- [www.apere.org](http://www.apere.org)
- [crie.liege@education-environnement.be](mailto:crie.liege@education-environnement.be)  
(Centre Régional d'Initiation à l'Environnement de Liège)
- [maisonmetallurgie@msn.com](mailto:maisonmetallurgie@msn.com)  
(La Maison de métallurgie, Boulevard Raymond Poincare, 17 à 4020 Liège)

# M E R C I

A la Division Générale des Technologies, de la Recherche  
et de l'Energie pour son aide financière et structurelle.  
(Région Wallonne)

Aux enfants, aux institutrices, aux directeurs et directices  
pour leur accueil et leur collaboration.

Aux experts qui nous ont consacré du temps.

Aux membres de l'ASBL Hypothèse pour leurs interventions  
spécifiques tout au long du projet.

*Claire Balthazart, Isabelle Colin, Sabine Daro, Marie-Christine Graftiau,  
Alain Grignet, Marie-Noëlle Hindrijcks, Serge Nanson, Stéphane Noirhomme,  
Carine Pelsser, Pierre Stegen, Pierre Toussaint.*

## CONCEPTION DE LA BROCHURE

Isabelle Colin  
Sabine Daro

GRAPHISME Anne Truyers Design Graphique

RÉALISATION Hélène Collard



**Composée d'enseignants des différents réseaux qui travaillent du niveau fondamental au supérieur, l'asbl Hypothèse envisage l'apprentissage des sciences comme moyen de développement personnel et comme facteur d'émancipation chez l'enfant de 3 à 12 ans.**

La multiplicité des points de vue, la diversité des systèmes de représentation, la réflexion critique argumentée sont les principes d'approche du réel qu'Hypothèse systématise lors de ses actions. Nous voulons permettre à l'enfant l'acquisition d'un savoir utile, nécessaire à l'exercice d'un pouvoir sur son environnement.

Après « Les glaciers à glace naturelle », le projet « Les Moulins à eau et les centrales hydrauliques » vient à nouveau concrétiser une approche méthodologique originale qui suscite intérêt et plaisir tout en démystifiant la position savante des sciences.

L'énergie hydraulique est ici le prétexte choisi pour découvrir les technologies du passé, expérimenter la force de l'eau et les principes qui en découlent, rencontrer les experts à l'œuvre dans les centrales hydroélectriques.

Reflet de la collaboration vécue entre enfants, enseignants et personnes ressources, cette brochure est aussi un outil qui veut donner l'envie des sciences en en proposant les moyens.

**Initier un projet dans la classe, organiser un programme de formation en réponse à une demande d'enseignant, expérimenter des démarches dans le cadre de formations continuées : les membres d'Hypothèse sont vos partenaires.**

**HYPOTHÈSE**

Maison liégeoise de l'Environnement

rue Fusch, 3 • 4000 Liège • tél. 04 250 95 89 • [contact@hypothese.be](mailto:contact@hypothese.be) • [www.hypothese.be](http://www.hypothese.be)

