

manuel de l'enseignant



Une approche créative
de l'éducation à l'environnement

Kit pédagogique pour les pays situés en
zones sèches



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture



Programme sur l'Homme
et la biosphère



Ecoles associées
de l'UNESCO



Kit pédagogique pour les pays situés en zones sèches

Une approche créative de l'éducation à l'environnement

“ On peut interpréter la nature de diverses façons: comme une base d'activités scientifiques ou commerciales, comme une ressource, quelque chose à observer, à expérimenter et à apprécier ou comme une inspiration artistique. ”

Président Nelson Mandela, octobre 1994

Responsable de la publication:
Thomas Schaaf, UNESCO

Rédaction et conception du projet:
Hélène Gille

Conseillers scientifiques:
Michel Le Berre, Thomas Schaaf

Coordination et iconographie:
Hélène Gille
Avec la collaboration de:
Cathy Lee

Conception graphique:
Mecano, Laurent Batard
assisté de Mélanie Freynick
et Marion Malpeyrat

Suivi administratif:
Natasha Lazic

Photogravure:
Num Créative

Impression:
LM Graphie

Imprimé sur Galaxy super mat blanc
150 g et 350 g

Couverture:
Vue d'El Ateuf, vallée du M'Zab, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

Publié en 2007 par le programme
sur l'Homme et la biosphère (MAB), UNESCO
1, rue Miollis
75732 Paris Cedex 15, France
E-mail : mab@unesco.org
www.unesco.org/mab

©UNESCO 2007

L'auteur est responsable du choix et de la présentation des faits figurant dans cet ouvrage, ainsi que des opinions qui y sont exprimées, lesquelles ne sont pas nécessairement celles de l'UNESCO. Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part du secrétariat de l'UNESCO, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

Préface

Ce kit d'éducation à l'environnement pour les pays situés en zones sèches a été élaboré à l'initiative du Programme sur l'Homme et la biosphère (MAB) de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).

Dans le prolongement du *Kit pédagogique sur la lutte contre la désertification* lancé en 2001 pour les professeurs des écoles primaires, l'UNESCO a entrepris de développer ce nouvel outil pédagogique en s'efforçant d'aider concrètement et de manière pratique les enseignants et les élèves à mieux comprendre les problèmes environnementaux de leur région et à stimuler leur recherche de solutions possibles.

Intitulé *Une approche créative de l'éducation à l'environnement / Kit pédagogique pour les pays situés en zones sèches*, le kit est destiné aux professeurs de l'enseignement secondaire des pays affectés par la désertification et est fondé sur une méthode innovante qui sollicite la créativité et la sensibilité artistique des élèves âgés de dix à quinze ans environ. Cette approche favorise la découverte sensible de l'environnement et privilégie la dimension visuelle et exploratoire de l'étude du milieu.

L'idée d'utiliser ainsi la créativité et la sensibilité artistique afin de promouvoir le message écologique peut être une source future de collaboration à explorer en détail entre les différents secteurs de l'UNESCO.

Dans son contenu, le kit pédagogique fait écho à la résolution de l'Assemblée générale des Nations Unies qui a désigné 2006: Année internationale des déserts et de la désertification et s'inscrit également dans l'optique des activités développées dans le cadre de la Décennie des Nations Unies pour l'éducation en vue du développement durable (2005-2014) dont la promotion est placée sous la responsabilité de l'UNESCO.

La diffusion du kit est assurée par le Réseau des Écoles associées de l'UNESCO (réSEAU), qui compte au total 8000 écoles dans 177 pays et bénéficie du soutien de la Décennie des Nations Unies pour l'éducation en vue du développement durable à travers les actions mises en place dans les différents pays concernés.

Nous encourageons tous les enseignants intéressés par le kit ou désireux d'information sur sa mise en œuvre à contacter les Bureaux régionaux de l'UNESCO dans leurs pays respectifs et rappelons l'adresse du site Internet et l'adresse électronique des initiateurs du projet: www.unesco.org/mab et mab@unesco.org ainsi que le site Internet des programmes partenaires dans le domaine de l'éducation à l'UNESCO: le Réseau des Écoles associées de l'UNESCO (www.unesco.org/education/asp) et la Décennie pour l'éducation en vue du développement durable (www.unesco.org/education/desd).

Nous tenons à remercier chaleureusement le gouvernement flamand de Belgique qui a financé tout le processus d'élaboration de ce kit pédagogique dans le contexte de son large soutien au secteur des Sciences exactes et naturelles, démontrant ainsi que l'éducation à l'environnement relève autant du domaine des sciences que de celui de l'éducation.



Natarajan Ishwaran

Directeur de la division des sciences écologiques et de la terre
Secrétaire du Conseil international de coordination
du Programme sur l'Homme et la biosphère

Sommaire

Introduction 7

Chapitre 1 11

Découvrir l'écosystème et la biodiversité

01

La collection des merveilles 12

Objectifs

Déroulement

1. Guider 12
2. Repérer 12
3. Collecter 13
4. Stocker 13
5. Nettoyer 13
6. Observer 14
7. Identifier 14
8. Classer 14
9. Intégrer des notions 14
10. Imaginer des collections 14

02

Formes et compositions au sol 16

Objectifs

Déroulement

1. Choisir le terrain des compositions 16
2. Collecter des objets naturels dans différents biotopes 16
3. Se préparer à composer une forme au sol pour chaque biotope 18
4. Composer les formes au sol à partir de l'ombre portée d'élèves et à l'aide des objets collectés 18
5. Observer en détail les compositions obtenues 19
6. Intégrer des notions 20
7. « Activer » ces notions à travers l'invention d'un récit 20
8. Relier les compositions entre elles par le récit 20

03

Terre, pierre et érosion 22

Objectifs

Déroulement

1. Repérer le minéral 22
2. Observer la composante géologique du paysage 22
3. Mettre en relation le sol et le relief et se situer dans le paysage 23
4. Repérer l'action du vent et les traces de l'érosion 23
5. Dessiner 26
6. Interpréter les dessins et comprendre l'impact de l'érosion éolienne sur l'environnement 26
7. Repérer une zone de terre protégée de l'érosion 27
8. Prélever de la terre en plusieurs endroits et apprécier ses qualités plastiques 27

04

La palette de la nature 28

Objectifs

Déroulement

1. Récolter-Prélever 28
2. Guider 28
3. Réunir 29
4. Frotter-Écraser-Étaler 29
5. Orienter vers le savoir-faire local 31
6. Relier la couleur à l'écosystème 31
7. Mesurer l'impact culturel des colorants naturels 31
8. Découvrir les recettes des couleurs 31
9. Ouvrir le débat sur la conservation de la biodiversité 32
10. Réaliser sa propre teinture 32

05

Sur les traces de la faune sauvage 33

Objectifs

Déroulement

1. Faire un premier repérage 33
2. Identifier les empreintes animales 34
3. Rechercher d'autres traces du mode de vie des espèces 36

- 4. Faire le point sur la connaissance des espèces 37
 - A. Les caractéristiques générales de l'espèce
 - B. Les adaptations physiques et comportementales des espèces dans un écosystème aride
- 5. Examiner un animal dans l'environnement et rédiger des notes 42
- 6. Construire le récit de la vie d'une espèce animale 43

06

La fresque de l'écosystème

Objectifs

Déroulement

- 1. Choisir deux zones de l'environnement où la diversité biologique est importante 44
- 2. Repérer les deux zones représentatives de l'écosystème dans le contexte élargi du paysage 44
- 3. Dessiner un fond de fresque ou une silhouette du paysage 45
- 4. Examiner chaque zone dans le détail 46
- 5. Intégrer des notions à partir de l'expérience de terrain 48
 - A. Interaction des espèces vivantes et de l'environnement non vivant
 - B. Interdépendances entre espèces et réseaux trophiques
 - C. Succession écologique
- 6. Réaliser la fresque de l'écosystème 49

07

Biodiversité et mise en scène : une maille dans la toile de vie

Introduction

Objectifs

Déroulement

- 1. Choisir une espèce-clé dans l'écosystème 53
- 2. Imaginer la disparition de l'espèce et les scénarios d'évolution de l'écosystème 53
- 3. Mettre en scène un « petit théâtre de l'écosystème » en trois temps 56
- 4. Intégrer certaines conclusions 59
- 5. Mesurer l'impact des activités humaines sur la biodiversité 59
- 6. Mettre en scène des comportements et des actions bénéfiques pour la biodiversité 60

Chapitre 2

61

Maintenir la couverture végétale

01

Parcours initiateur des plantes et des fleurs

62

Objectifs

Déroulement

- 1. Privilégier la découverte sensible des végétaux 62
- 2. Composer des planches tactiles à partir de collectes 63
- 3. Aborder les fleurs par un travail sur la couleur 65
- 4. Comprendre la notion d'inflorescence et étendre le travail sur la couleur à l'étude de toutes les fleurs 66
- 5. Prendre conscience de l'importance des plantes à fleurs dans le maintien de la couverture végétale 68

02

Forme et dessin : l'anatomie des végétaux

70

Objectifs

Déroulement

- 1. Saisir l'architecture et le port des végétaux par l'observation à distance 70
- 2. Intégrer quelques premières notions relatives à la croissance des végétaux 71
- 3. Saisir la géométrie à l'œuvre dans la nature grâce à l'observation de près 74
- 4. S'interroger sur le rôle des éléments extérieurs sur le port du végétal 76
 - A. L'effet du vent
 - B. L'effet de l'homme
 - C. L'effet des espèces animales herbivores

03

«Vivre au sec » ou l'adaptation des plantes au désert 78

Objectifs

Déroulement

1. Repérer les plantes dites « xérophytes » (littéralement : « qui aiment le sec ») 78
2. Associer les plantes à des objets à travers le dessin 78
3. Situer les xérophytes dans le contexte de la couverture végétale 80
4. Intégrer les principales adaptations anatomiques et physiologiques des xérophytes 80
5. Réintroduire le dessin et l'association d'objets autour des épineux 81
6. Discerner d'autres adaptations morphologiques, physiologiques et liées au climat des plantes xérophytes 82
7. Réaliser une dernière série de dessins comparatifs intégrant l'idée de cycle 83

04

L'écosystème de l'arbre 85

Objectifs

Déroulement

1. Dessiner la figure générale d'un arbre 85
2. Réaliser la fresque des racines et du sol autour de l'arbre 86
3. Réaliser la fresque du tronc et des branchages 90
4. Réaliser la fresque de la couronne et du feuillage 92

05

Un inventaire des plantes utiles 96

Objectifs

Déroulement

- A. Le jardin qui nourrit 97
 1. Classer 97
 2. Choisir une espèce comestible 97
 3. Dessiner sur le panneau 97
 4. Goûter 99

5. Rechercher et intégrer l'information 99
6. Parler des plantes locales et de la production alimentaire avec les personnes ressources 99

B. Le jardin qui soigne 100

1. Rencontrer le connaisseur des plantes et de leurs propriétés 100
2. Dessiner et répertorier les plantes médicinales sur le panneau 100
3. Lier soins et rites par les plantes 101
4. Interroger la relation entre plantes, traditions culturelles et conservation 101

C. Le jardin qui protège et sécurise 102

1. Faire des croquis de sa maison 102
2. Dessiner l'habitat typique sur le panneau 102
3. Représenter des détails de l'habitation 103
4. Faire le lien entre habitation adaptée à l'environnement et ressources naturelles 103
5. Faire le point sur l'utilisation des plantes pour la construction des habitations 103

06

La plante mascotte 106

Objectifs

Déroulement

1. Se documenter sur la plante, l'observer et la dessiner 108
2. Goûter et savourer la plante sous toutes ses formes 109
3. Connaître les qualités nutritives de la plante mascotte 111
4. Mettre en valeur d'autres utilisations de la plante dans l'artisanat 113
5. Examiner le type de prélèvement qui est fait de la plante mascotte localement 114
6. Identifier les formes de prélèvement, de production et de diffusion de la plante qui sont néfastes pour l'écosystème 117
7. Rencontrer les professionnels de l'environnement et poser les bases d'un projet commun de gestion durable des ressources naturelles 118

07

Le jardin expérimental

120

Objectifs

Déroulement

1. Comprendre les initiatives lancées localement pour la protection de l'environnement 121
2. Répertorier les espèces indigènes remarquables dans un contexte élargi, débordant du périmètre du jardin 123
3. Repérer les qualités écologiques, alimentaires et génératrices de revenus des espèces indigènes et envisager de les associer 125
4. Recentrer l'étude sur le site du jardin 126
5. Élaborer une pépinière et apprendre à semer et produire de jeunes plants 128
6. Fertiliser la surface à planter et procéder au repiquage des plants 129
7. Renforcer certaines associations d'espèces et régénérer l'écosystème forestier naturel 130
8. Régénérer cultures et prairies dans le jardin et les associer à des plantes ligneuses 131
9. Allier dimension scientifique et dimension esthétique dans le jardin 133

Chapitre 3

135

Préserver les ressources en eau

01

Poème de l'eau source de vie

136

Objectifs

Déroulement

1. Aborder l'eau comme source de vie dans la nature et dans l'imaginaire 136
2. Retenir quelques aspects essentiels de l'eau ressource vitale 140
3. Valoriser l'eau fécondante ou nourricière dans son expérience quotidienne 140
4. Terminer la recherche documentaire par la notion d'eau purificatrice 144
5. Composer le poème de l'eau source de vie 144

02

Peinture, liquidité et transparence : l'eau et les sens

146

Objectifs

Déroulement

1. Mettre en valeur les qualités physiques de l'eau en utilisant la peinture 146
2. Interpréter les traces de l'érosion hydrique dans le paysage 148
3. Se concentrer sur la couleur des eaux superficielles 150
4. Goûter l'eau potable et comprendre son origine 152

03

Le cycle de l'eau

154

Objectifs

Déroulement

1. S'intéresser aux états de la matière « eau » et à l'origine des ressources 154
2. Décomposer pour mieux les comprendre les étapes du cycle de l'eau 155
3. Assimiler et interpréter le cycle de l'eau à travers une succession de tableaux sonores 158

04

Le journal de poche du point d'eau

160

Objectifs

Déroulement

1. Choisir un point d'eau dans le paysage et commencer un journal sur ce thème 160
2. Aborder les fonctions naturelles et écologiques du point d'eau 162
3. Illustrer dans le détail le rôle écologique du point d'eau dans son journal de poche 166
4. Valoriser le rôle directement utilitaire du point d'eau dans le journal 169
5. Approfondir les fonctions culturelles du point d'eau dans le journal 170

05

De l'eau propre pour le village: carte et bande dessinée 172

Objectifs

Déroulement

1. Réaliser la carte locale de l'eau 172
2. Interpréter la carte de l'eau 175
3. Pratiquer certaines expériences
de dépollution en classe 176
4. Réaliser une mini station d'épuration d'eau
par lagunage 178
5. Constituer une bande dessinée à partir
des expériences menées précédemment
et la diffuser 180

06

Fresque en panneaux de l'hydraulique villageoise 182

Objectifs

Déroulement

1. Repérer dans le paysage les aménagements
de pierres permettant de capter l'eau
atmosphérique et l'eau de ruissellement 182
2. Étudier l'inscription des terrasses dans le
paysage et les identifier comme une méthode
de gestion des eaux superficielles 184
3. Constituer le deuxième panneau de la
fresque et y inclure les éléments
d'une hydraulique liée aux eaux de surface 185
4. Comprendre la synergie entre la lutte
contre l'érosion et une bonne utilisation
de l'eau dans le troisième panneau 188
5. Consacrer le quatrième panneau
de la fresque aux systèmes traditionnels
de captage des eaux souterraines 190
6. Intégrer sur la fresque la représentation
de techniques hydrauliques plus récentes
mais néanmoins durables 193

Introduction

Les objectifs du kit pédagogique

Dans les écosystèmes des régions arides, toutes les couches de la population sont affectées par la désertification et les problèmes d'érosion qui entraînent la dégradation de l'environnement et influent sur la capacité de ces populations à vivre dans un milieu naturel difficile.

L'éducation et la sensibilisation à l'environnement sont primordiales et doivent commencer tôt pour créer un impact sur la conscience individuelle. Dans l'optique de susciter chez les élèves de l'enseignement secondaire (élargi à la fin du primaire), une meilleure connaissance des écosystèmes arides, ce kit pédagogique propose une approche créative de l'éducation à l'environnement permettant d'éveiller la curiosité des élèves, de capter leur attention et d'agir comme un levier vers une meilleure transmission de l'information scientifique et des connaissances sur l'environnement.

L'objectif du kit est d'abord d'être un outil que l'enseignant s'approprie afin de transmettre d'une manière attrayante et ludique le contenu d'ordre scientifique et écologique qu'il contient.

À plus long terme, l'objectif du kit est de développer parmi les élèves et la population la capacité de lutter contre la désertification et la dégradation des terres tout en favorisant la conservation de la biodiversité.

Le concept de développement durable est inscrit au cœur des activités proposées par le kit: en les mettant en œuvre, les enseignants ou éducateurs, aidés de personnes ressources, acteurs locaux et professionnels de l'environnement, forment les élèves à exercer un examen critique des pratiques locales en matière d'utilisation des terres et de gestion des ressources naturelles. Ils identifient les pratiques qui peuvent être néfastes ou non viables pour l'écosystème et développent ainsi une réflexion progressive sur l'impact des activités humaines sur leur environnement. Les élèves saisissent alors mieux – au travers d'exercices concrets – ce qu'est le développement durable dans les écosystèmes arides.

Comment se présente le kit?

Le kit pédagogique est constitué de trois éléments:

- le manuel de l'enseignant;
- le cahier de la classe;
- la carte des zones sèches dans le monde.

Le manuel de l'enseignant est l'élément central du kit pédagogique. Il est divisé en trois chapitres thématiques:

- Découvrir l'écosystème et la biodiversité;

- Maintenir la couverture végétale;

- Préserver les ressources en eau.

Les deux premiers chapitres regroupent sept activités et le troisième en regroupe six, classées selon leur niveau de difficulté en termes de contenu et de mise en œuvre. On passe d'un niveau « simple » pour les premières activités de chaque chapitre à un niveau « intermédiaire », puis à un niveau « avancé » pour les suivantes.

L'enseignant peut choisir de réaliser les activités avec la classe, l'une après l'autre, dans l'ordre proposé au sein de chaque chapitre; il peut également décider d'en mener une ou plusieurs séparément, en fonction des thèmes abordés en classe, de l'aménagement du calendrier scolaire et du niveau de ses élèves.

Le cahier de la classe est un outil destiné aux élèves et conçu en accompagnement du manuel de l'enseignant. À chaque activité réalisée correspond une double page à remplir dans le cahier de la classe.

Les élèves sont organisés en groupes et, à tour de rôle, un groupe remplit en concertation les pages concernant l'activité réalisée. Ils le font avec leurs propres mots, leur compréhension des objectifs, leur mémoire visuelle et sensible de l'exercice, leur aptitude à dessiner et à conserver une trace de ce qu'ils ont pu expérimenter et apprendre.

Le cahier de la classe a été conçu en bichromie de façon à pouvoir être facilement photocopié.

L'enseignant et ses élèves peuvent ainsi décider d'expédier le cahier de la classe par courrier afin de l'échanger avec une autre école partenaire du Réseau des Écoles associées de l'UNESCO, située dans une autre région sèche du monde.

Enfin **la carte des zones sèches** à l'échelle de la planète, est prévue pour être accrochée dans la classe. L'enseignant peut constamment s'y référer lors de la mise en œuvre des activités pour établir des comparaisons pertinentes entre l'environnement local où la classe se situe et d'autres écosystèmes arides.

À qui s'adresse le kit?

Le kit a été conçu pour les professeurs de l'enseignement secondaire issus de disciplines aussi différentes que la géographie, la biologie ou les arts plastiques.

Il peut également s'adresser aux enseignants de la fin du primaire et de façon générale à tous les éducateurs désireux de mener un projet d'éducation à l'environnement, qu'ils soient seuls ou en équipe, dans un contexte d'éducation formelle ou non formelle.

Sur le mode de la sensibilisation des publics, le kit peut aussi accompagner les initiatives de décideurs locaux souhaitant prendre en compte les problèmes environnementaux dans l'élaboration de politiques de développement.

Ne nécessitant que très peu de matériel, la plupart des activités du kit intègrent l'étape d'une découverte (ou d'une redécouverte) de l'environnement, fondée sur l'observation, la collecte, le dessin, l'imagination et la rencontre avec des personnes ressources parmi la collectivité. Les activités tentent ainsi de répondre à la pénurie de moyens et aux conditions de travail souvent difficiles des éducateurs dans les zones arides.

En résumé, le cadre d'action à donner au projet pédagogique repose essentiellement sur la motivation des éducateurs et des enseignants et sur leur capacité à se mobiliser et à s'associer.

Ils peuvent développer un projet thématique d'éducation à l'environnement à partir du kit (dans l'esprit d'une « classe à thème »). Ils peuvent réaliser certaines activités du kit dans le cadre de projets d'action éducative ou d'actions d'innovation pédagogique. Ils peuvent également identifier le kit comme une initiative possible en matière d'éducation pour le développement durable à travers plusieurs aspects qu'il met en avant :

- des objectifs d'apprentissage « transversaux » qui débordent du cadre d'une matière distincte ;
- une méthodologie axée sur le développement de la pensée critique ;
- la participation de personnes ressources, acteurs locaux et spécialistes de l'environnement à l'action pédagogique, venant parfois renforcer et enrichir le point de vue des enseignants.

Une approche créative de l'éducation à l'environnement
L'ensemble des activités proposées par le manuel de l'enseignant est élaboré selon une approche créative de l'éducation à l'environnement.

Dans un premier temps, cette approche favorise chez les élèves la découverte sensible de leur environnement. Vivant souvent en zones rurales, les enfants des pays affectés par la désertification ont une expérience concrète et pragmatique du milieu naturel.

Au fil du déroulement des activités, ils sortent et arpentent la nature environnante, accompagnés et guidés cette fois par leur professeur.

Ils apprennent à observer, à mieux « lire » leur environnement, à en repérer les détails, à voir ce qu'ils n'ont peut-être pas encore vu.

Ils décrivent un objet à portée de main sur le sol ou une espèce en situation dans son milieu naturel et, toujours à partir d'observations concrètes, intègrent de nouveaux termes et de nouvelles notions.

Les activités peuvent les conduire à redécouvrir un objet en le juxtaposant ou le comparant à d'autres dans des assemblages et des compositions que la classe réalise ensemble.

À plusieurs reprises et quand cela s'impose, le professeur invite les élèves à utiliser le dessin car il permet souvent de mieux voir et de mieux comprendre. L'objectif n'est pas de développer des qualités de dessinateurs mais d'observateurs de la nature. On dessine pour se souvenir d'un détail, pour capter une situation.

D'autres activités entraînent la classe à reconnaître et à qualifier les odeurs et les goûts des végétaux, ainsi que des préparations ou des plats qui en sont dérivés. D'autres les amènent à redécouvrir le relief en se plaçant eux-mêmes dans l'environnement, à utiliser certains exercices pour confronter échelle humaine et échelle du paysage. En résumé la dimension esthétique et inspirante de l'environnement est utilisée pour éveiller la curiosité des élèves et capter leur attention. On comprend mieux ce que l'on a pu approcher, ce dont on a eu une expérience quasi intime, ce que l'on a fait sien, ce que l'on a appris à aimer en quelque sorte.

Dans un second temps, l'information scientifique et les connaissances environnementales sont transmises aux élèves dans des activités qui s'appuient sur le savoir local et usuel pour le replacer dans une perspective scientifique. Ces activités encouragent les échanges avec les détenteurs des savoirs autochtones parmi la population, qu'ils soient bergers, agriculteurs, éleveurs, forestiers, pisteurs, spécialistes des plantes médicinales, artisans. Une relation triangulaire est souvent évoquée, induite dans la méthodologie même des activités, entre le ou les professeurs, les personnes ressources dans la communauté et les élèves.

Lors des étapes de réalisation, l'enseignant peut, s'il le souhaite, créer un espace d'échanges en classe avec les détenteurs du savoir local permettant d'explorer les liens entre écosystème et culture locale.

La transmission des connaissances, des savoir-faire, et même de la tradition orale (à travers récits et anecdotes) est ainsi facilitée.

Ensuite, les enseignants replacent ces connaissances dans une perspective scientifique : comment croiser le savoir autochtone avec une base d'informations scientifiques sur les écosystèmes fragiles que l'on trouve en zones

sèches? Comment l'associer à une meilleure connaissance de la conservation des espèces? Comment l'associer à une utilisation durable des ressources de l'environnement?

Les élèves sont ainsi amenés à développer leur sens critique et l'enseignant les guide dans la mise en place d'une réflexion sur l'impact des activités humaines sur l'environnement.

Avec l'activité *Forme et dessin: l'anatomie des végétaux* par exemple, l'objectif est d'étudier la forme et la croissance des végétaux, les arbres en particulier, et de savoir les identifier «à distance».

L'enseignant fait appel aux savoirs pragmatiques dont disposent les habitants de la région, les anciens de la communauté:

Sur quels critères les autochtones identifient-ils telle ou telle plante à distance? Ils utilisent souvent des données empiriques et des aptitudes développées au contact quotidien de l'environnement en marchant de longues distances pour récolter les fruits ou trouver du fourrage et en cherchant à s'adapter toujours mieux aux circonstances extérieures.

Parce qu'elles demeurent utiles pour les populations, ces données empiriques sont associées dans l'exercice proposé, à une étude plus précise et plus scientifique de ce qu'est un arbre, à son architecture, son anatomie, son port, aux fonctions écologiques remplies par ces végétaux de leurs racines jusqu'à leur sommet, au véritable écosystème que constitue un arbre isolé, à la nécessité de le conserver intégralement dans un environnement où les équilibres écologiques sont fragiles.

L'idée est de susciter l'interrogation sur l'impact des éléments extérieurs sur la forme ou le port des végétaux. Sont-ils déterminés par l'impact du vent, l'impact de l'homme qui prélève sans mesurer ce qu'il détruit, l'impact en général d'activités humaines à travers le surpâturage et l'alimentation des herbivores?

L'inventaire des plantes utiles, une autre activité du kit, permet aux élèves de situer l'être humain dans l'écosystème: à quel point y joue-t-il un rôle essentiel? À quel point l'écosystème est constitutif du bien-être de chacun? Comment la diversité biologique répond point par point à la diversité des besoins humains?

Perçu comme une source de récoltes et de bienfaits, l'écosystème est assimilé à un jardin dont la communauté prélève les fruits: un jardin qui nourrit (les plantes comestibles), un jardin qui soigne (les essences et les plantes

médicinales) et un jardin qui protège et sécurise (l'utilisation des plantes dans la construction des habitats ou la fabrication des vêtements).

Les élèves s'interrogent logiquement sur la manière dont la population, en retour, préserve les ressources naturelles?

Dans *La plante mascotte*, la classe choisit, cette fois, une plante spécifique qui joue un rôle essentiel dans la vie quotidienne de la collectivité.

Les élèves exposent et mettent en valeur les nombreux «services» que fournit la plante à l'ensemble de la population. Ils apprennent à présenter côte à côte un spécimen de la plante elle-même et l'ensemble des produits et des objets finis qui en sont issus ou dérivés, comme les pains de savon fabriqués à partir d'huile d'olive extraite de l'olivier *Olea europaea* ou les pilons et les manches de haches et de couteaux fabriqués à partir du bois dur et résistant de *Balanites aegyptiaca*, communément appelé le «savonnier» ou encore le «dattier du désert».

Aidés par les détenteurs du savoir local, les élèves introduisent dans leur présentation, la notion de savoir-faire et des dessins explicatifs des procédés de fabrication. L'ingéniosité de l'homme transparait à travers le lien établi entre l'outil, l'inventivité et la manipulation propres à l'homme et la plante prélevée dans la nature.

L'exercice conduit à identifier précisément les formes de prélèvement, de production et de diffusion de la plante qui sont néfastes pour l'écosystème.

Enfin dans *Le jardin expérimental*, une équipe d'enseignants développe un projet concret d'enseignement à partir du jardin.

L'activité intègre une dimension de développement durable en amenant les élèves à se mobiliser à long terme, autant pour le bénéfice des élèves et des générations futurs que pour leur propre bénéfice.

Le jardin expérimental en tant que tel est élaboré en relais d'un programme de gestion du territoire déterminé dans l'activité précédente *La plante mascotte*. Le site du jardin est lié aux sites choisis par les décideurs locaux pour mener des actions pilotes en matière de protection de l'environnement. Les classes de l'école «naviguent» ainsi entre le lieu-test qu'est le jardin expérimental, et les espaces cultivés par les professionnels: agriculteurs, forestiers, exploitants, experts de l'environnement, à échelle réelle.

Durant l'activité, les élèves acquièrent une forme de compétence pratique et technique du jardinage et de

l'agroforesterie qu'ils valident et enrichissent au contact des professionnels.

Le mode d'utilisation du manuel de l'enseignant

La maquette et la mise en page du livre de l'enseignant tentent d'être claires et attrayantes et reflètent l'esprit du projet.

Le choix d'un code couleur nettement marqué, orange et sépia, permet d'identifier clairement la structuration du manuel en trois chapitres et vingt activités.

L'orange de la couverture se retrouve dans le bandeau des intercalaires ouvrant chaque chapitre puis dans le bandeau en exergue de chaque activité numérotée.

Ce bandeau donne le **titre** de l'activité et regroupe plusieurs symboles graphiques qui permettent à l'enseignant d'identifier et de s'appropriier le matériel pédagogique.

Il est renseigné sur les points suivants :

Le **niveau** de l'activité : son niveau de difficulté en termes de contenu et de mise en œuvre qui peut être simple, intermédiaire ou avancé ;

Le **lieu** où mener l'activité : à l'extérieur ou en classe ;

Le **nombre de séances** à prévoir pour sa réalisation : la durée d'une séance, de deux à trois heures en moyenne, peut être adaptée par le professeur en fonction du temps dont il dispose.

La présentation des **objectifs** visés figure également en exergue de la description de chaque activité, sous le bandeau du titre.

Le professeur peut ainsi facilement mesurer les objectifs de l'activité qui, dans la plupart des cas, sont définis en termes de découverte de l'environnement, de connaissances à transmettre et de compréhension à faciliter chez l'élève.

Pour certaines activités de niveau avancé, au-delà des connaissances à transmettre, l'intention est également de favoriser certaines aptitudes et de transmettre des compétences.

La **méthodologie** à suivre pour le déroulement de chaque activité est clairement signifiée par le découpage de cette dernière en plusieurs étapes qui s'enchaînent.

Ces étapes sont à chaque fois résumées par un verbe d'action (collecter, classer...) ou indiquées dans un sous-titre où l'action prime (repérer l'action du vent et les traces de l'érosion...).

Ainsi, le sens d'une dynamique est donné en même temps qu'un ordre de progression.

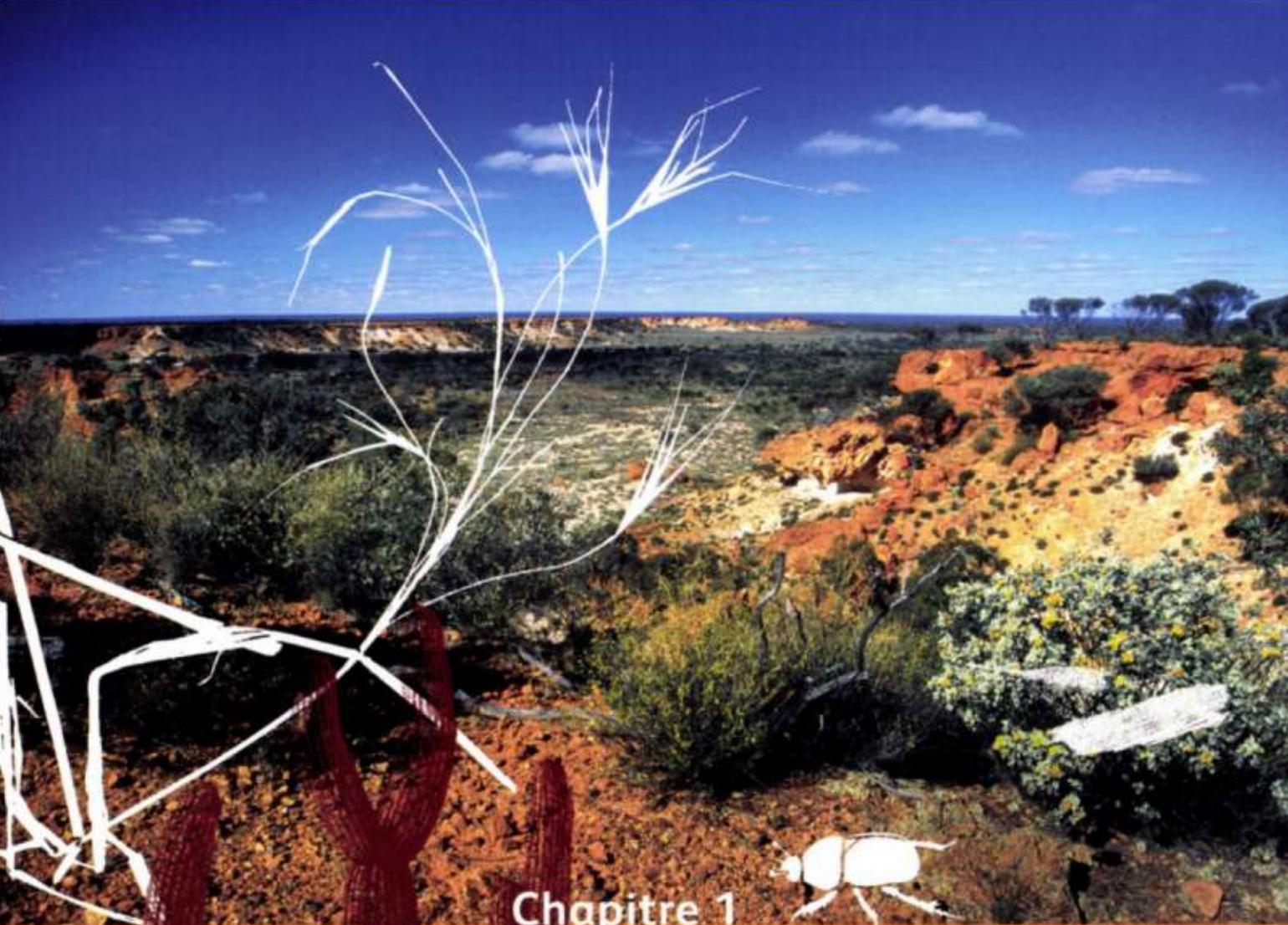
Tout au long de la **description** de chaque activité, les sous-titres sont colorés en orange, couleur repère de la structuration du manuel, et ainsi clairement repérables dans le texte.

Les exemples illustrant chaque étape de l'activité sont colorés en sépia, couleur accompagnatrice de l'orange dans le code couleur adopté pour l'ensemble du kit pédagogique.

Les titres et sous-titres figurent également dans le sommaire du manuel qui, dès le début, permet d'avoir un aperçu du contenu de chaque activité dans son déroulement.

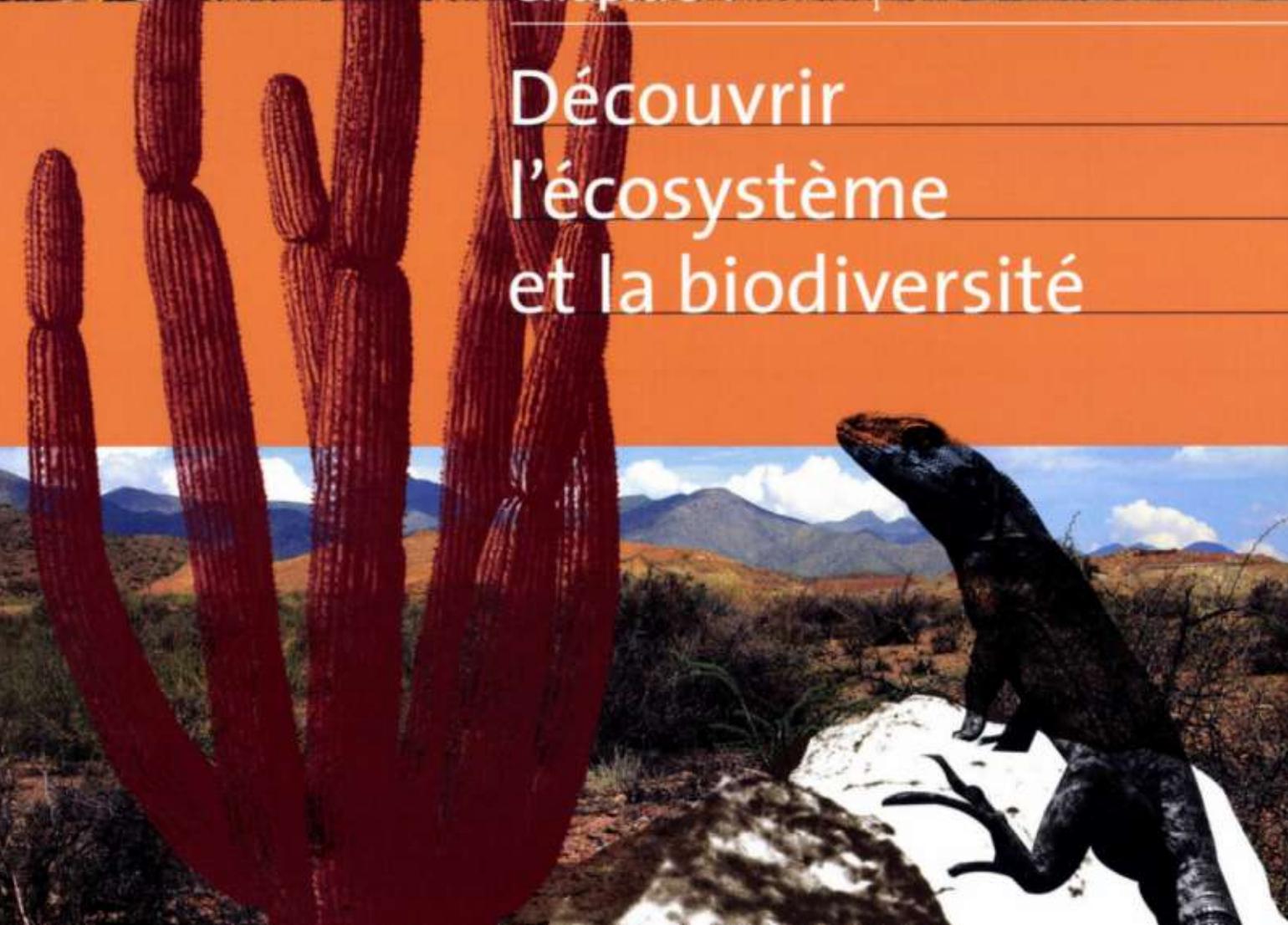
Enfin, les termes scientifiques ou techniques liés à l'écologie ou à la connaissance de l'environnement sont clairement repérables : ils sont colorés en rose et renvoient le lecteur à un **glossaire** figurant à la fin du manuel.

Par le biais de ce glossaire, la base de connaissances de l'enseignant peut être renforcée et les connaissances requises sont précisées.



Chapitre 1

Découvrir l'écosystème et la biodiversité



01

La collection des merveilles

Niveau 
simple

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
2 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

En collectant des objets naturels dans leur paysage familier, les élèves prennent conscience de la diversité biologique de leur environnement. L'exercice suscite souvent l'émerveillement.

2. Connaissances et compréhension

Par la classification des objets trouvés et leur regroupement sous forme de collections, l'enseignant invite les élèves à visualiser une première fois les notions de biotope, de biocénose et d'écosystème.

Déroulement

1. Guider

- ▶ Dans les zones sèches, le paysage peut apparaître monotone ou austère. Aussi l'enseignant encourage-t-il les élèves à parcourir l'environnement, à l'observer à la loupe, à distinguer des micro-milieus où la biodiversité existe à des degrés différents.
- ▶ L'enseignant introduit la notion de **biodiversité**¹ : un terme général désignant la variabilité des plantes, animaux et micro-organismes présents sur la terre, leur variabilité à l'intérieur d'une même espèce ainsi que la variabilité des écosystèmes dont ils font partie. En général, la biodiversité comprend la diversité génétique, la diversité des espèces et la diversité des habitats.

2. Repérer

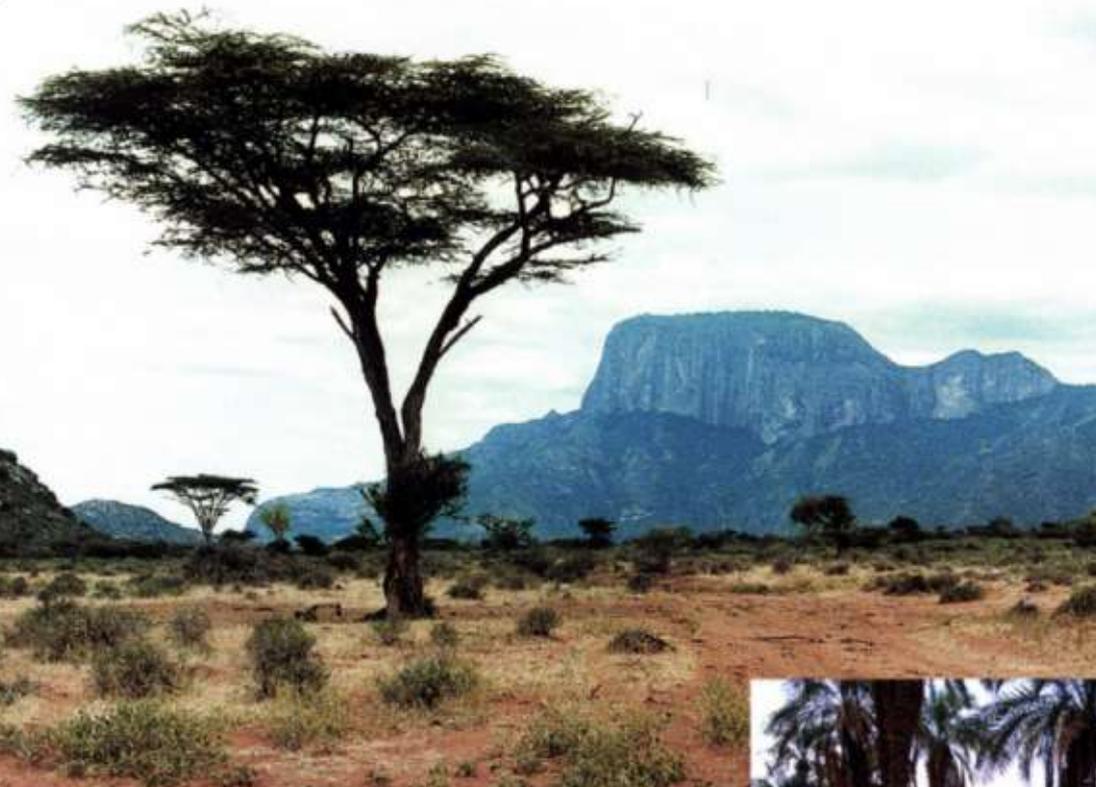
- ▶ Au sein du paysage désertique, souvent marqué par une unité de caractère, l'enseignant repère au moins deux zones différentes du point de vue géographique et du point de vue de la **couverture végétale**.
- ▶ L'échelle des régions arides étant souvent très vaste, il peut inviter la classe à parcourir le paysage à bord d'un véhicule.
- ▶ La classe apprend à repérer les changements de la couverture végétale d'une zone à l'autre en distinguant un milieu désertique, plutôt minéral, d'un milieu à une ou plusieurs strates de végétation, souvent revêtu de formations buissonnantes ou de plantes caractéristiques des zones arides et semi-arides (comme la brousse à *saguaro* en Amérique latine).

Autres exemples possibles de zones repérables :

- Une zone de savane ou de steppe sèche;
- Une zone plus humide comme celle d'une mare, d'un *oued* même asséché, **les alentours d'un point d'eau** ou les bords d'un fleuve;
- Une zone d'oasis contenant des parcelles et des champs cultivés.



1. Les termes colorés en rose sont définis dans le glossaire en p. 194



1. *Acacia senegalensis*
en zone semi-aride, nord du Kenya
© UNESCO-MAB

2. Palmiers à *Oued Guir*,
région de *Tazzouguert*,
plaine de *Tamlelt*, Maroc, 2005
© Peter Dogsé

3. Palmeraie, oasis de *Timimoun*,
Algérie, 2002
© Olivier Brestin



1

3

2

3. Collecter

► Divisée en groupes, la classe parcourt successivement les différentes zones repérables, collecte autant d'objets naturels et divers qu'il est possible et les répartit dans des sacs différents selon les zones: débris de strates rocheuses, pierres curieuses, échantillons de terre, de boue, de sable dans de petits récipients, rameaux de buissons ou d'arbrisseaux, feuilles, tiges et épis de graminées, feuilles et fleurs de plantes herbacées (sauf les plus fragiles), fruits et graines de toutes sortes, cônes, bulbes et tubercules déterrés (iris, tulipes, oignons sauvages), fragments de racines, débris d'écorce, champignons et lichens, fossiles, insectes morts (coléoptères, sauterelles), cocons vides, os et dents de petits mammifères (fennec, rongeurs), plumes d'oiseaux, coquilles, œufs tombés du nid, écailles et mues de reptiles ou d'autres espèces animales.

Quelle surprise! Ces objets ont une dimension de trésors cachés, mis au jour dans la main.

4. Stocker

► Pour les végétaux, la classe peut emporter de vieux journaux ou magazines et conserver les plantes coupées en les insérant entre les pages, de façon à les étaler et à leur conserver une forme pendant le séchage.

5. Nettoyer

► Les élèves nettoient soigneusement les objets quand cela est nécessaire, en évitant de les détériorer.

6. Observer

- ▶ De retour en classe, on observe les objets un par un : il est intéressant d'apprendre à les découvrir en les regardant sous des angles différents, en observant les moindres détails, en rapprochant des éléments de même type (deux fruits par exemple).
- ▶ L'enseignant invite la classe à établir des correspondances de formes, de textures, de couleurs entre les objets.

7. Identifier

- ▶ Ensuite seulement on identifie les objets : à qui appartiennent-ils ? Sont-ils issus d'une espèce végétale ou d'une espèce animale ? Parfois d'une même espèce ? Sont-ils issus des ressources du milieu terrestre (du sol par exemple) ?

8. Classer

- ▶ Les élèves classent leurs trouvailles en pointant certaines distinctions : ce qui appartient à la flore ? Ce qui appartient à la faune ? Ce qui appartient aux règnes du vivant ? Ce qui n'appartient pas aux règnes du vivant ?

9. Intégrer des notions

- ▶ L'enseignant entraîne à nouveau les élèves à l'extérieur et, considérant les trouvailles une par une, les resitue dans le contexte naturel. Il peut aussi les extraire successivement de collectes réalisées par les élèves.
- ▶ L'idée est de partir de l'objet individuel (la plus petite unité) pour aller vers une plus grande échelle avec l'espèce, le milieu naturel, et dans l'étape suivante avec l'écosystème.

Exemple :

Un objet choisi indique une espèce. On précise ensuite son milieu naturel :

Comment occupe-t-elle l'espace de son habitat ? Quel est son régime alimentaire ?

- ▶ De cette façon, l'enseignant introduit la notion de **biocénose** : une communauté d'êtres vivants, animaux, végétaux et micro-organismes coexistant dans un même milieu naturel.
- ▶ Puis il éveille à la notion de **biotope** : un espace naturel déterminé, caractérisé par des conditions particulières, au sein duquel se développent des espèces animales et végétales adaptées à ces conditions.

Exemples :

Dans les zones de *nebkas* (buttes sableuses formées par le vent à la base de végétaux, typiques de certaines régions d'Afrique du Nord), on trouve des buissons (salsolacées), des insectes, des rongeurs (gerbilles), des mammifères herbivores (gazelles, chèvres) qui cohabitent et partagent ainsi le même biotope.

Par extension, on peut dire que l'acacia et la girafe qui vivent dans un espace de savane sèche arborée partagent aussi le même biotope.

10. Imaginer des collections

- ▶ À la lumière de ces informations, les élèves vont imaginer des collections à partir de leurs propres trouvailles.

L'objectif est de mettre en image, de présenter les éléments qu'ils ont récoltés, en éclairant les notions de biotope et de biocénose qu'ils viennent de découvrir.

Une boîte plate ou une simple surface cartonnée sert de support à la réalisation de chaque collection.

- ▶ Les élèves se remémorent le lieu où chaque objet a été collecté. Qu'est-ce qui caractérise cette même unité de paysage dans l'écosystème ?
- ▶ Ils disposent chaque groupe d'objets appartenant à un biotope spécifique sur un support cartonné. Comment représenter l'unité d'une communauté d'êtres vivants dans un lieu ?
- ▶ Ils produisent un fond coloré représentant le sol du biotope ou collent sur le support des éléments minéraux issus du sol en question. Sur une couche de colle, ils répandent du sable par exemple.



5

6

4. Formation mixte associant plantes ligneuses et plantes herbacées pendant la saison sèche, Sahel ©UNESCO-MAB

5. Jeune berger et troupeau de chèvres, Sahel ©UNESCO-MAB

6. Girafe broutant un épineux, Sahel ©UNESCO-MAB

Ils créent ainsi un effet de texture ou de matière assez proche de l'original ;

► Ils placent ensuite sur le support les objets issus des espèces présentes dans le biotope, en adoptant un certain ordre : les objets sont regroupés pour représenter soit la chaîne alimentaire, soit les familles d'espèces, soit les règnes du vivant.

C'est aux élèves de proposer une première représentation de l'écosystème à partir de leurs collectes et des premières données qui leur sont fournies. Ils illustrent l'unité et la diversité d'un lieu de vie dans le paysage.

► L'enseignant a pour rôle d'ajuster la collection à la réalité du milieu. En fonction de la diversité des milieux localement disponibles, il propose de ne pas se limiter à la seule diversité des objets récoltables mais également à leur nombre et à leurs proportions relatives.

La collection peut ainsi mettre en valeur une comparaison entre objets de même type (entre plusieurs feuilles ou plusieurs plumes d'oiseaux par exemple).

► Cela permet à l'enseignant d'introduire des éléments quantitatifs, d'ordre scientifique, et d'introduire des notions plus précises comme la richesse, l'abondance des espèces ou au contraire la rareté, la diminution, qui soulignent l'idée de différence d'un biotope à l'autre.

► En relation avec la diminution des espèces, l'enseignant introduit l'idée d'impact des activités humaines sur la conservation de l'environnement.

► Il précise également que l'écosystème peut être perçu comme un ensemble dynamique de biotopes et de biocénoses en interaction.

► Ainsi les élèves peuvent constituer autant de mini-collections qu'il existe de milieux repérables, chaque collection correspondant à un biotope particulier. Ce sont de véritables « collections de lieux » qui permettent à l'élève d'aborder l'écosystème en le visualisant en unités séparées, tel qu'il est en partie étudié par les spécialistes de l'écologie.

02

Formes et compositions au sol

Niveau
simple ★

Lieu
à l'extérieur



Durée
2 séances 

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

En composant des formes au sol à l'aide d'objets issus d'endroits différents du paysage, les élèves se rendent compte de la diversité des milieux de leur environnement.

2. Connaissances et compréhension

Par l'observation détaillée des compositions, l'enseignant entraîne les élèves à discerner et comprendre les nombreuses relations qui lient les êtres vivants entre eux et à leur milieu naturel.

Déroulement

1. Choisir le terrain des compositions

► Le professeur choisit une zone d'intervention à l'extérieur, proche de l'école, une zone de terre nue, à ratisser, à nettoyer, de préférence vaste, dégagée et plate qui va servir de fond pour les compositions au sol. Ce choix est déterminant en tant que fond coloré pour bien faire ressortir les éléments minéraux et végétaux rapportés d'ailleurs.

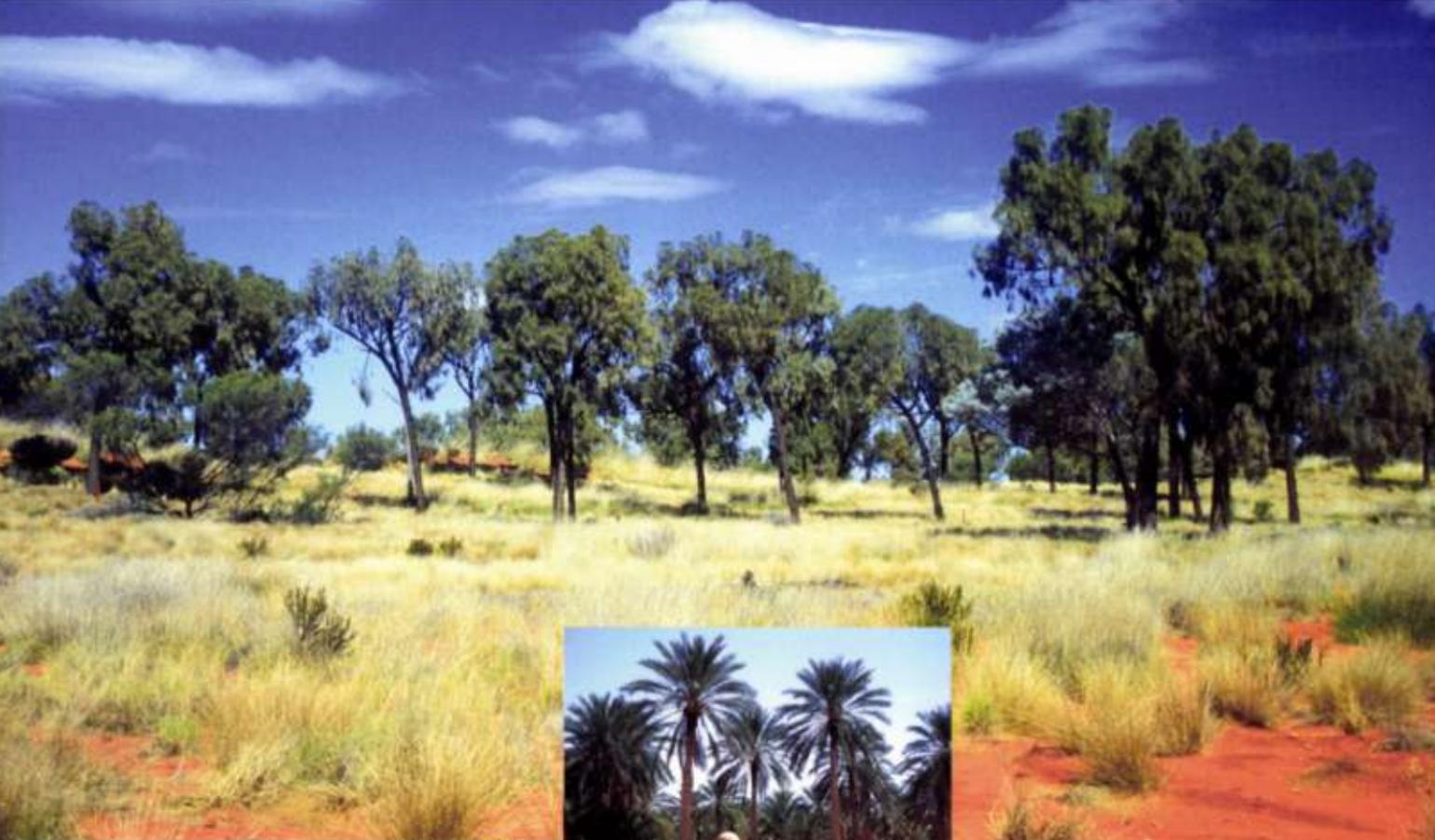
2. Collecter des objets naturels dans différents biotopes

► Sur le principe de l'atelier précédent *La collection des merveilles*, les élèves procèdent à des collectes d'éléments naturels dans plusieurs zones de l'environnement proche qui constituent des unités de paysage différentes avec des types de végétation et de faune différenciés. Il peut s'agir, selon les régions arides du monde :

- d'une zone de steppe buissonnante avec couvert discontinu ;
- d'une zone de forêt sèche à grands arbres ;
- des alentours d'une mare ou d'un point d'eau ;
- d'un périmètre pierreux, rocheux et franchement dénudé ;
- d'une zone de savane sèche où les herbes prédominent ;
- d'une zone de brousse arbustive (**bush**) où les plantes sont souvent épineuses ;
- d'une zone de jardins ou de champs cultivés ;
- d'une zone d'oued asséché ;
- d'une palmeraie en oasis ;
- d'une formation à plantes grasses (brousse à cactus cierge, savane à euphorbes) ;
- d'un arbre isolé...

Il est important de pouvoir discerner au moins deux ou trois zones.

► Pour chaque zone, les élèves répartissent leurs trouvailles dans des sacs différents (ne pas omettre ici un nombre important de pierres, de cailloux de toutes les tailles et nuances colorées, issus du biotope le plus minéral).



7



8



9

7. Oued en activité, Tunisie, 1985
©Michel Le Berre

8. Palmeraie de *Tolga*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

9. Chênes du désert,
région de *Kata Tjuta*,
Territoire du Nord, Australie, 2001
©Olivier Brestin

10. *Festuca orthophylla*,
région de *Socaire*, désert d'Atacama,
Chili, 2006
©UNESCO/Olivier Brestin

11. Sol craquelé, région de *San Pedro de Atacama*, Chili, 2006
©UNESCO/Olivier Brestin

12. Agriculteur, oasis de *Timimoun*,
Algérie, 2002
©Olivier Brestin



10



11



12

3. Se préparer à composer une forme au sol pour chaque biotope

► De retour sur la zone d'intervention, les élèves s'approprient à composer des formes au sol à l'aide des objets récoltés.

Guidés par le professeur, ils optent pour des figures simples, clairement identifiables. Nous proposons d'utiliser l'ombre portée d'élèves pour reconstituer au sol une forme humaine composée à l'aide des collectes.

Remarques et suggestions :

L'enseignant choisit une heure de la journée où l'ombre portée est à taille humaine (lorsque le soleil est environ à 45° au-dessus de l'horizon). Il choisit également une journée ensoleillée, pas trop chaude, sans vent pour éviter que les objets ne soient emportés.

► Il y aura autant de silhouettes composées que d'unités de l'écosystème à représenter :

Exemple :

Si l'on choisit trois zones de paysage ou biotopes parmi ceux cités précédemment, on réalisera trois silhouettes à partir des collectes issues de chaque zone.

4. Composer les formes au sol à partir de l'ombre portée d'élèves et à l'aide des objets collectés

► Pour chaque silhouette, l'élève se tient debout immobile, les bras écartés, pendant que les autres matérialisent son ombre portée avec des objets collectés dans un même biotope.

► Les élèves délimitent les contours de la silhouette à l'aide de pierres, ensuite ils remplissent les parties du corps avec d'autres éléments de la collecte.

Exemples :

Pour la zone de bord de fleuve ou de point d'eau, la silhouette peut être tapissée de feuilles ou de rameaux d'arbres (tamaris (*Tamarix aphylla*), ficus (*Ficus sycomorus*)), d'un peu de sable blanc, de feuilles ou de tiges de plantes annuelles et de graminées (massette (*Typha sp.*), roseau), éventuellement de renouées collectées dans l'eau, de plumes d'oiseaux.

Pour la zone de savane herbeuse sèche, la silhouette est tapissée de différentes variétés de graminées, herbes simples ou épis portant des graines (comme *Heteropogon contortus* en Afrique), de nombreuses feuilles bipennées d'acacias (*Acacia senegalensis*), de leurs gousses ou fruits aux formes curieuses (*Acacia giraffae*), de leurs belles inflorescences jaunes en saison (*Acacia seyal*). La silhouette est ornée si possible de plumes d'oiseaux (grandes plumes de vautour ou plumes bleues et rousses des tourterelles comme *Streptopelia senegalensis*); elle contient éventuellement des os ou cornes d'herbivores ongulés comme les gnous, antilopes ou gazelles et des os de petits mammifères. La faune des savanes est l'une des plus riches.

13



14



15

- Par groupes, les élèves renouvellent l'opération selon le nombre de biotopes à représenter.

5. Observer en détail les compositions obtenues

La contemplation en groupe des réalisations est importante.

- Chaque élève prend la mesure de l'intérêt visuel de chaque composition :

Composer une forme, une silhouette en l'occurrence, en juxtaposant des objets divers sur le sol, permet, à travers la découverte et l'observation des détails de l'ensemble, d'attirer l'attention sur les qualités physiques des objets et sur la différence des uns par rapport aux autres (exercice naturel de la perception du tout à la partie).

Exemple:

Toujours pour la zone de savane herbeuse sèche, on peut discerner la luxuriance et la densité des graminées, du jaune au vert selon les saisons, l'aspect lumineux, argenté ou doré de leurs inflorescences, la gamme de vert tendre des pousses d'acacias, le graphisme des gousses avec lequel on peut dessiner, l'aspect amusant ou surprenant de fleurs ou de fruits comme ceux des baobabs ou de l'arbre à saucisses (*Kigelia africana*).

- En observant encore le détail de la composition, l'élève précise l'identité et le nombre des espèces présentes dans le biotope. À défaut de réelle diversité, il est important d'inclure si possible un ou plusieurs éléments d'origine animale pour représenter un biotope (éléments de squelette, coquilles de gastéropodes, mues de reptiles, éventuellement insectes morts comme les ténébrions ou scarabées). À titre d'exemple, le Sahara comprend environ 130 espèces de mammifères, 60 espèces d'oiseaux nicheurs, une centaine de reptiles.

- Avec par exemple trois silhouettes distinctes réalisées, l'idée de diversité des espèces et des milieux ainsi que de variabilité d'un milieu à l'autre est communiquée.

Il est intéressant de remarquer que pour les zones de semi-déserts au sens large, on retrouvera des traits communs entre les différentes compositions dans des régions différentes du monde.

13. Savane arbustive à la saison sèche, région du W, Niger, 1995
© Michel Le Berre

14. Impala mâle (*Aepyceros metampus*), Kenya, 2005
© Michel Le Berre

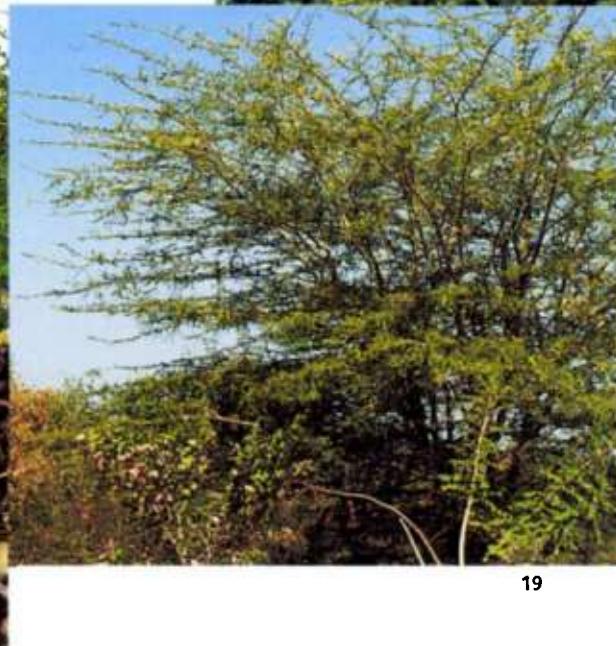
15. Arbre de karité (*Vitellaria paradoxa*), région du W, Niger, 1995
© Michel Le Berre

16. Savane arbustive à la saison des pluies, région du W, Niger, 1995
© Michel Le Berre

17 et 19. *Acacia seyal* en fleurs, région du W, Niger, 1999
© Michel Le Berre

18. Graines de *Prosopis tamarugo*, désert d'Atacama, Chili, 2006
© UNESCO/Olivier Brestin

17



18

Exemples :

Le feuillage vert tendre de certaines plantes comme l'astragale en Tunisie ressemble à l'*ocotillo* au Mexique, les branchages noueux des buissons de créosote au Mexique à ceux, similaires, d'une plante typique des paysages saharo-arabiques : *Zilla spinosa*. Les fleurs aux couleurs vives d'**éphémérophytes** ou de plantes à bulbes (iris, lys) dans les **oueds** du sud de la Tunisie rappellent les fleurs tout aussi éclatantes des cactées en Amérique latine.

6. Intégrer des notions

- ▶ Le professeur examine la composition de chaque silhouette et interprète le biotope représenté. Il demande aux élèves de se remémorer les lieux.
- ▶ Il met en évidence les relations entre les espèces présentes dans la composition et le lieu où les spécimens ont été collectés :
 - Les êtres vivants subissent l'influence de leur milieu: leur existence est dépendante de **ressources** (eau, qualité des sols, nutriments, lumière) et déterminée par des **conditions** (température, vent).
 - L'enseignant précise: les êtres vivants subissent l'influence des autres espèces qui les entourent.
 - Par la **chaîne alimentaire**, les relations entre espèces sont directes;

Exemples :

La gerboise (petit rongeur) se nourrit de fruits, de graines sèches et de feuilles; les mérions (gerbilles) du Sahel rongent l'écorce des arbres pour trouver de l'eau; les carnivores comme les chacals, les fennecs ou les renards des sables mangent les rongeurs; les cadavres d'animaux sont consommés par les **détritivores** (nécrophages, fourmis, iules). La matière qui n'est pas consommée par les détritivores est décomposée par les micro-organismes, les **décomposeurs**.

- Les relations entre les espèces sont aussi moins directes et identifiables. Entre espèces aux besoins similaires, la compétition est la règle: deux plantes d'espèces différentes luttent pour l'accès à l'eau en fonction des ressources sur place;
- Pour accomplir leur cycle biologique, beaucoup d'espèces ont besoin de l'interaction d'autres espèces: les plantes à fleurs sont pollinisées par les insectes, par les oiseaux.

7. « Activer » ces notions à travers l'invention d'un récit

- ▶ Suite à cet éclairage sur les relations des espèces entre elles et avec leur milieu, les élèves se concentrent sur une silhouette et imaginent une histoire, un récit qui intègre et lie entre eux les objets de la composition.
- ▶ L'intention est de mettre en valeur les relations évoquées par le professeur (rapport des espèces aux ressources, chaîne alimentaire, compétition, interaction) tout en produisant un récit spontané dont les enchaînements sont fluides et ininterrompus d'un objet à l'autre. On passe librement et rapidement d'un élément à l'autre.
- ▶ L'élève peut intégrer une part d'imaginaire dans le cadrage de son histoire (*il était une fois...*), l'important étant que la lecture du biotope et de son fonctionnement reflète les informations transmises.
- ▶ L'enseignant signale par la suite les incohérences.

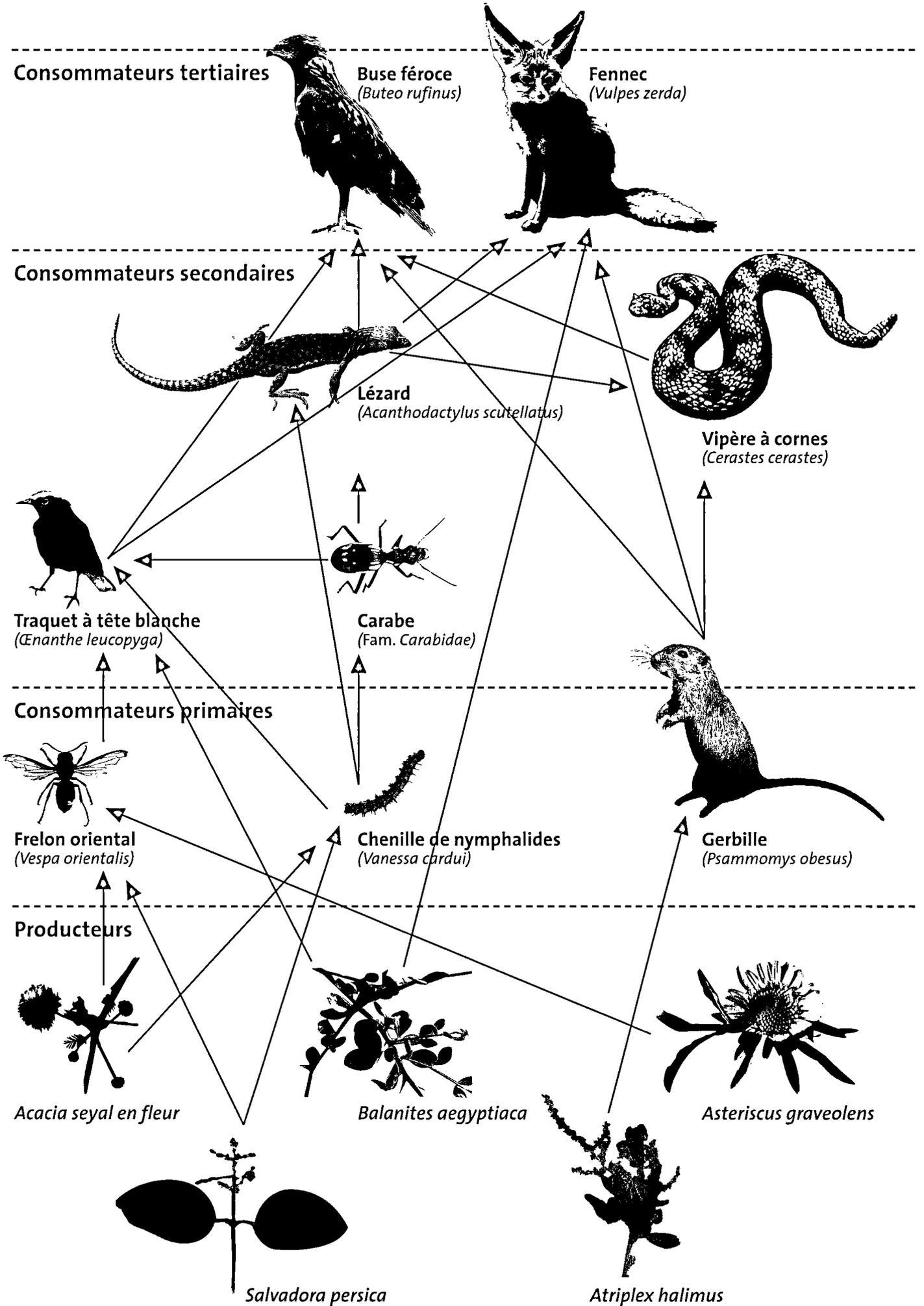
8. Relier les compositions entre elles par le récit

Il est intéressant que les différentes silhouettes soient réalisées bras écartés de façon à ce que les compositions obtenues se touchent. Cela suggère l'idée de lien, d'interaction entre les différents biotopes dans le fonctionnement de l'écosystème comme un ensemble. Cette idée de plusieurs cycles qui se recoupent peut être reprise dans le récit.

Le fait que l'activité soit menée à plusieurs mains rehausse l'idée du lien.

Le choix de silhouettes d'élèves pour les compositions est aussi une façon de projeter, de situer l'humain au cœur de l'environnement.

Exemple de réseau trophique en région saharienne



03 Terre, pierre et érosion

Niveau 
intermédiaire

Lieu 
à l'extérieur

Durée 
2 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

En découvrant les formes du relief et la constitution du paysage géologique avec leur professeur, les élèves établissent une relation entre la qualité des roches et la qualité du sol, entre la roche et les sédiments.

2. Connaissances et compréhension

Après plusieurs interventions éphémères dans le paysage minéral (tracés, sculptures), les élèves visualisent le phénomène de l'érosion par une série de dessins (surtout l'action du vent en zones arides) et comprennent l'importance des nutriments du sol dans l'écosystème.

Déroulement

1. Repérer le minéral

Bien souvent en zones arides, ce n'est plus la végétation mais la roche qui donne son caractère au paysage.

► Avec le professeur, les élèves choisissent un ou plusieurs points du paysage où prédominent largement les éléments minéraux.

2. Observer la composante géologique du paysage

La classe se rend sur place et le professeur fait découvrir aux élèves les formes du relief et la constitution du paysage géologique ;

► Il qualifie le type de roche qui forme le relief :

Il peut s'agir d'une roche sédimentaire, issue de la consolidation de couches de matériaux transportés par l'eau ou le vent comme les schistes ou les grès, issue également de dépôts résultant de l'activité biogénique (roches calcaires) ou résultat de la réaction chimique de précipitation d'une solution (halite ou gypse).

► Les élèves sondent le sol en plusieurs points du paysage :

Ils découvrent qu'il est constitué de sédiments produits par la dégradation de la roche qui forme le relief, de fragments de roche désagrégée et érodée : pierres, cailloux, sable, limon, argile.

Le sol peut former un dépôt épais ou plus fin jusqu'à un mince placage sur des champs de blocs ou de gros rochers. Les élèves identifient cet aspect en se déplaçant dans le paysage.

► Le professeur encourage la mise en relation entre les pierres éparses, trouvées ici ou là et la roche qui constitue le relief :

Il explique la formation géologique par accumulation de sédiments, c'est-à-dire par strates, par couches superposées, visibles dans les grès par exemple, repérables également dans la stratification horizontale des plateaux et des tables caractéristiques du relief des zones arides et que l'on peut retrouver dans les pierres jonchant le sol. Pour mieux constater le phénomène, les élèves peuvent fendre ou briser des fragments ou des plaquettes de roche, plus facilement les roches clivables : schistes, ardoise, certains grès ou calcaires, calcschistes.



20. Dunes du désert du *Namib*, région de *Swakopmund*, Namibie
© Yann Arthus-Bertrand
La Terre vue du Ciel, UNESCO

21. Montagnes dans *Brandberg West* (2573 m), région de *Damaraland*, Namibie
© Yann Arthus-Bertrand
La Terre vue du Ciel, UNESCO



21

3. Mettre en relation le sol et le relief et se situer dans le paysage

► Ensuite, les élèves établissent une relation entre le sol sous leurs pieds et le relief au loin à travers des interventions éphémères dans le paysage.

Pour cela, ils manipulent la matière minérale et vont réaliser des sculptures à partir d'assemblages de pierres ou de sédiments (tumulus, cairns, cercles), tracer des figures grâce à l'empreinte de leurs pas, former des compositions chromatiques à partir de minéraux.

► Le professeur les entraîne à établir un jeu d'échelles (échelle humaine, échelle naturelle) entre leurs interventions et le paysage :

- Une pierre redressée ou un tumulus artificiel hauts de quelques dizaines de centimètres peuvent reprendre la forme d'un relief majeur du paysage. Ainsi, disposées au premier plan pour celui qui regarde, avec le relief en toile de fond, ces créations apparaissent aussi importantes en taille que le relief à l'arrière-plan et reprennent son aspect, sa texture. L'association est saisissante !

- Une ligne droite tracée en frottant les pieds sur un sol plat et située dans l'axe d'un relief peut, par la perspective, établir un lien entre celui qui regarde debout sur le sol et le relief au loin, entre échelle humaine et échelle du paysage, liant aussi le sol et la forme verticale du relief.

Ces sculptures ou dessins artificiels ajoutés au paysage sont aussi la trace de réalisations humaines dans de vastes étendues naturelles. Une façon pour les élèves de capter deux formes d'action ou de création, humaine et naturelle, et de faire partie du paysage !

4. Repérer l'action du vent et les traces de l'érosion

► Avec les dessins au sol, les élèves constatent la lisibilité des traces de leurs pas ; en brisant ou en soulevant la couche superficielle de terre sur le sol, les traces apparaissent plus sombres ou plus claires que le sol originel.

Le professeur attire l'attention sur l'**enduit désertique** (ou vernis éolien) des sols ou des roches.

► Ce point permet une transition et le professeur aborde le rôle du vent dans le modelé du paysage. Il rappelle d'abord ce qu'est l'**érosion** : l'action d'usure et de transformation de la surface terrestre par divers agents comme l'eau, le vent, la glace, la chaleur.

Il précise ensuite ce qu'est l'**érosion éolienne** : les vents érodent l'écorce terrestre en usant les roches, en altérant les formes du relief.

Par des exemples, le professeur peut illustrer la **corrasion** qui désigne l'action décapante des vents chargés de grains de sable, de quartz, sur les reliefs et les sols. Il explique aussi la **déflation** par laquelle les vents transportent et balayent les matériaux fins du sol qui se déposent et s'accumulent ailleurs (déplacement des dunes).

22



22. Gravure sur pierre de *Tinhert*, *Tassili N'Ajjer*, Algérie
©Olivier Brestin

23. Touareg, *Tamrit*, *Tassili N'Ajjer*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

24. Empreintes de dromadaire et de Touareg, erg d'*Admer*, *Tassili N'Ajjer*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

25. Grès feuilletés, vallée de la *Saoura*, *Béni-Abbès*, Algérie, 2003
©Michel Le Berre

26. Gorges de la *Saoura*, à *Marhouma*, *Béni-Abbès*, Algérie, 2003
©Michel Le Berre



26



24

25



27

27. Cairn ou *redjem*, nord d'*Illizi*, *Tassili N'Ajjer*, Algérie, 1979
©Michel Le Berre

28. Coloration variée des grès de *Marhouma*, *Béni-Abbès*, Algérie, 2003
©Michel Le Berre

29. Sol craquelé, désert d'*Atacama*, Chili, 2006
©UNESCO, Olivier Brestin

30. Monts d'*Ougarta*, *Béni-Abbès*, Algérie, 2003
©Michel Le Berre

31. Région de *Bou Hafinia*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

28



29



30



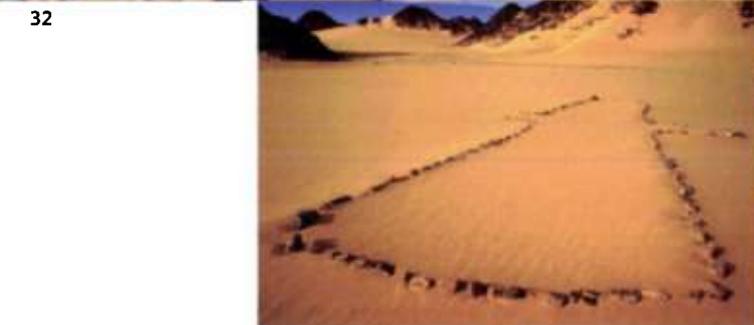
31



32. Roche érodée, région de *Tamrit, Tassili N'Ajjer*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

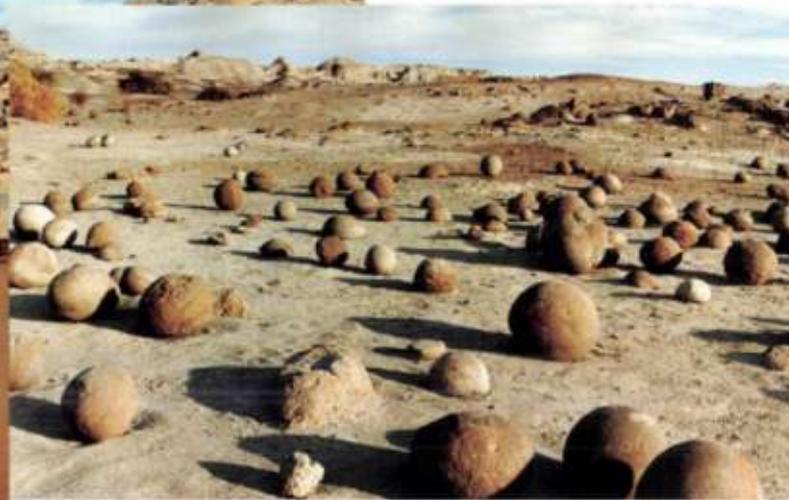
33. Camp touareg abandonné, erg d'*Admer, Tassili N'Ajjer*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

34. Formation géologique d'*Ischigualasto*, vallée de la lune, *San Juan*, Argentine
©UNESCO/Liliana Madrid de Zito Fontan



32

33



34

Il précise enfin que dans les déserts, et malgré les apparences, l'action du vent peut avoir moins d'impact que celle des eaux (érosion fluviale, écoulements en nappe). L'érosion éolienne est une érosion de surface néanmoins dommageable pour la productivité des sols. Il mentionne l'importance de l'érosion thermique dans la fragmentation des blocs de roches des zones arides.

5. Dessiner

Les élèves repèrent ensuite une ou plusieurs manifestations d'érosion éolienne et saisissent, par le dessin, l'action plastique des vents dans le paysage.

Selon le lieu et le contexte où ils se trouvent et munis d'un carnet de croquis, ils peuvent :

- Capturer le morcellement de la roche en rochers usés ou reliefs accidentés par l'accumulation des formes ;
- Rendre la formation des massifs dunaires en « croquant » les dunes selon l'orientation de l'arête vive, une face au soleil, une face à l'ombre et rehausser ainsi les arabesques et le contraste de lumière ;
- Opérer des gros plans sur des crêtes découpées dans les terrains tendres ou sur d'étranges contours de roches (parfois évidées) ;
- Dessiner les sillons que creusent les vents sur le sable ou dans les grès fossilisés par le tracé parallèle de lignes serpentes et le contraste de tons (clair/foncé).

Partout, la nudité des formes du paysage est représentée.

6. Interpréter les dessins et comprendre l'impact de l'érosion éolienne sur l'environnement

► Le professeur accompagne l'interprétation des dessins et explique en quoi l'action des vents est une cause de la dégradation des sols, appauvris par la sécheresse ou par une utilisation excessive de la part des hommes.

La couche de sol superficiel (fertile) est emportée par la déflation;
La roche est décapée, mise à nu; les organismes vivants se raréfient.

► Il établit une relation de cause à effet entre l'absence de végétation et l'intensité de l'érosion éolienne:

Partout où la terre n'est pas protégée par la végétation, le vent entraîne facilement les sédiments en soulevant des nuages de sable et de poussière; plus la déflation est intense, plus elle met à nu de vastes terrains au détriment de la flore car les végétaux ne poussent pas en l'absence de sol (à l'exception des lichens).

7. Repérer une zone de terre protégée de l'érosion

► Les élèves repèrent une zone moins nue et moins exposée au vent que celles qu'ils viennent d'arpenter.

- Comment la zone est-elle protégée du vent? Par son orientation? Par un relief? Par des aménagements humains comme les barrages verts constitués de plantations d'arbres et de buissons? Par la construction de brise-vent et de haies en branches ou en palmes?

- Est-ce une zone plus humide? Une zone fertile? Une zone de cultures, de végétation spontanée?

- Quels sont les constituants d'un sol qui n'est pas stérile?

► Le professeur indique qu'en plus des particules de roche meuble (sable, argile), un sol productif est constitué d'humus, de nutriments, d'eau, d'air, d'éléments ou organismes vivants identifiables comme les racines, les vers de terre, les organismes détritvires et d'autres organismes invisibles comme les filaments de champignons, les bactéries et autres micro-organismes.

8. Prélever de la terre en plusieurs endroits et apprécier ses qualités plastiques

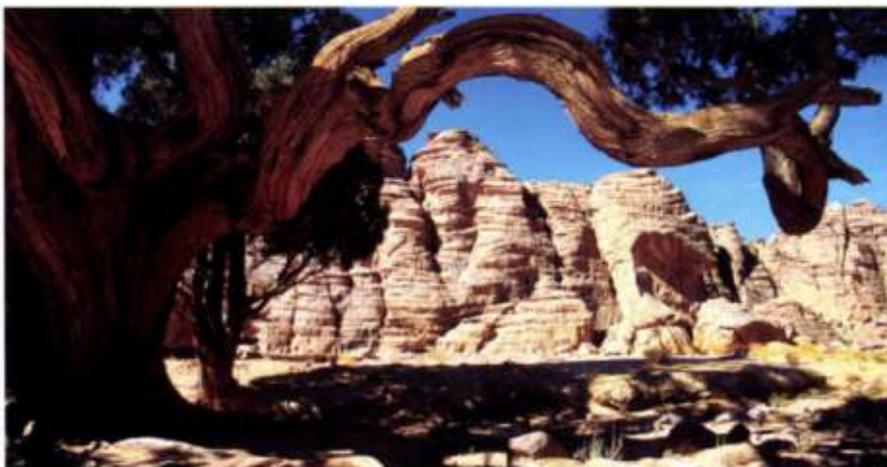
► Les élèves procèdent à des prélèvements d'échantillons de sol sur les différents sites visités pendant l'exercice. Ceux-ci sont conservés dans des récipients transparents de façon à exposer les compositions, textures et couleurs des sols en question.

Exemples:

Sur des sols épuisés ou emportés, ils peuvent prélever un peu de sable, blanc si le terrain est gypseux, jaune ou orangé si le quartz du sable est chargé en oxydes métalliques. En d'autres points du paysage, ils peuvent prélever des échantillons plus épais de terre limoneuse ou argileuse (et mettre en évidence différentes qualités de terre). Ils peuvent prélever un peu de boue sur les berges ou au fond d'une rivière, d'un point d'eau.

► Les élèves complètent leurs prélèvements en mouillant les échantillons et en procédant à des frottages sur papier ou sur tissu de façon à faire ressortir les différentes couleurs des sols.

35. Cyprès, région de *Tamrit*,
Tassili N'Ajjer, Algérie, 2002
©Olivier Brestin



36. Dunes de sable,
région d'*Hassi Khalifa*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin



04

La palette de la nature

Niveau ★ ★
intermédiaire

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
3 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Par le frottage ou l'impression directe d'éléments minéraux ou végétaux sur une toile tendue (coton blanc, lin), les élèves visualisent la gamme des couleurs du paysage et découvrent une nouvelle façon de « capter » la diversité des êtres vivants et des habitats de l'écosystème.

2. Connaissances et compréhension

Par l'étude des colorants naturels utilisés par la population pour la teinture et la peinture (des textiles, cuirs, bois, céramique, peintures corporelles), les élèves mesurent la relation étroite, physique que les hommes entretiennent avec l'écosystème à travers les pratiques artisanales liées à la couleur.

Déroulement

1. Récolter-Prélever

► Selon la région où ils se trouvent, les élèves prélèvent dans la nature une variété d'éléments colorants, essentiellement végétaux ou minéraux : baies, feuilles, fleurs, fruits de toutes sortes, écorces, champignons, roche, argile, brique.

En suivant les conseils des connaisseurs, ils peuvent localiser les dépôts d'ocres, de terres colorantes, de boues tinctoriales (*Bogolan* en Afrique) et récolter des échantillons.

2. Guider

► L'enseignant oriente un peu la sélection, les éléments sont prélevés afin d'en extraire le « jus », le suc, la sève ou la poudre colorants par écrasement, frottage, ou pilage.

Il est conseillé à l'enseignant de pratiquer des essais préalables, de privilégier les inflorescences fortement colorées, les feuilles juteuses qui contiennent de la sève colorante, sachant que les feuilles charnues ne sont pas forcément colorantes.

Exemples:

En Afrique, selon les régions et en fonction des variations saisonnières, on peut suggérer les inflorescences d'arbres comme les différentes espèces d'acacia et des fleurs comme celles du genêt (jaune), de la gaude, de l'oseille sauvage (rouge), du *mongo*, du *pitaya* (fruit du dragon), du carthame (ou faux safran), du calendula ou souci, les asters comme le tournesol ou le pulicaire, les fleurs des euphorbes.

Dans les oasis et les zones cultivées, les fanes de carottes, les feuilles de tomates sont très colorantes.

Faire des essais avec les feuilles fraîches de l'indigotier ou du henné, râper un peu d'écorce de noyer, utiliser la peau des grenades.

En Amérique du Sud, les fruits et fleurs des différents cactus, les *Calendrinia*, les *Cristaria* colorent en rose ou mauve. Penser également aux colorants naturels d'origine animale comme les *Coccoidea* pour la cochenille.

► D'autre part, après s'être documenté, l'enseignant aide les élèves à identifier les espèces rares ou protégées qu'il faut éviter de prélever ou de récolter ainsi que les espèces dangereuses ou toxiques pour l'être humain : la jusquiame par exemple, le pommier de Sodome qui requièrent des précautions de manipulation.

3. Réunir

► Les éléments colorants rapportés sont mis en commun par les élèves afin d'augmenter la gamme des teintes.

4. Frotter - Écraser - Étaler

► Les élèves procèdent au frottage sur une toile de coton blanc tendue sur un support. La toile peut être maintenue par des tasseaux eux-mêmes fixés de part et d'autre des tables des écoliers. Les éléments minéraux peuvent être mouillés pour être plus colorants.

L'idée est de capter la diversité des couleurs en gardant une vision globale de la composition. Il peut s'agir de plusieurs toiles à réaliser par petits groupes ou d'une grande toile à réaliser collectivement. Si la toile est grande, chacun se faufile et intervient sur une partie de la surface jusqu'à ce qu'elle soit complètement couverte.

L'exercice est conçu pour être collectif, spontané, exécuté d'une traite de façon à réaliser une sorte de transfert rapide, magique des couleurs du milieu ambiant. L'effet sera d'autant plus surprenant, visuellement intéressant, que les éléments auront été bien choisis.

► Dans la seconde partie de l'activité, la classe se concentre sur les colorants naturels utilisés par la population pour la teinture et la peinture : teinture des textiles, des cuirs, du bois, teinture ou peinture des céramiques, des murs en pisé, peintures corporelles, tatouages.



37



38

37. De gauche à droite et de haut en bas : Fleurs de nolana (*Nolana paradoxa*), mimosa, bougainvillier, mimosa (détail), fruit de figuier de Barbarie, fleurs de tomate, 2002
© UNESCO/Olivier Brestin

38. Fleurs d'oseille sauvage (*Rumex vesicatorius*), 1982
© Michel Le Berre



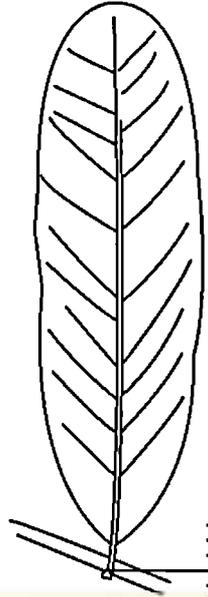
39



40

39. Touaregs, erg d'Admer, Djanet, Tassili N'Ajjer, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

40. Musicien touareg portant un turban teint à l'indigo, Tassili du Hoggar, Algérie, 2002
©Olivier Brestin



Croquis d'un rameau d'indigotier

5. Orienter vers le savoir-faire local

► L'enseignant encourage les élèves à identifier et à consulter les personnes ressources, détentrices d'informations et de savoir-faire locaux en matière de teinture, de plantes tinctoriales et plus largement de colorants naturels d'origine animale, minérale et végétale.

6. Relier la couleur à l'écosystème

► Les élèves échangent avec ces personnes ressources et apprennent à relier une couleur à l'espèce végétale ou à la matière minérale dont elle est issue.

La relation n'est pas établie de façon abstraite :

- Les élèves se concentrent sur la palette limitée des colorants fournis par la nature localement ;
- Ils partent d'un objet, un vase en céramique peint ou un vêtement teint et, guidés par les initiés, parcourent les étapes de fabrication jusqu'à remonter à la plante, aux racines ou à la terre qui sont à l'origine de la couleur ;
- Le spécialiste de la teinture peut faire la démonstration de certains gestes, de certaines techniques, mener les élèves sur les lieux de la récolte, leur faire visiter les espaces dévolus à la teinture, leur présenter les ustensiles. Les élèves réalisent des dessins, des croquis rapides en visualisant ces étapes ;
- Ils établissent alors clairement la relation entre une couleur donnée et la matière première dans l'écosystème.

Exemples :

Entre la couleur jaune d'un vêtement et, selon les régions, la gaude ou la noix de cola ou le carthame ou certains champignons sauvages ;

Entre le rouge d'un vase en céramique et l'ocre rouge, entre le rouge d'une peinture corporelle et les feuilles de henné ou l'ocre rouge encore ;

Entre le bleu d'un turban et l'indigo des feuilles d'indigotier.

7. Mesurer l'impact culturel des colorants naturels

► Une fois la relation établie, les élèves prennent conscience de l'impact culturel des ressources environnementales :

- À partir des colorants naturels présents dans l'écosystème local, une palette s'est constituée dans le temps et a déterminé des techniques, de génération en génération, pour transmettre ces couleurs.
- Les techniques ont été adaptées aux périodes de pénurie, aux modifications de l'environnement, elles ont évolué tout en contenant l'histoire des hommes.

► L'enseignant enchaîne :

En plus de techniques anciennes et en évolution, il existe derrière chaque couleur une symbolique pour la population.

Précieuse ou banale, une couleur fournie par la nature prend place dans une échelle de valeurs élaborée par les hommes.

8. Découvrir les recettes des couleurs

► Initiés par les détenteurs du savoir local, les élèves découvrent les « secrets » des nuances de chaque couleur, l'élaboration des étapes de cueillette, de récolte, les longues périodes de macération, de broyage, de décantation, les mutations, les interactions entre éléments comme l'utilisation d'un mordant (un produit rajouté) pour mieux faire pénétrer la couleur dans les fibres. Ils découvrent aussi les significations symboliques dont la couleur est chargée.

Exemples :

Les élèves se familiarisent avec la teinture à l'indigo. Pour l'extraction de l'indican, les feuilles des indigotiers sont mises à fermenter dans ce que l'on appelle la « cuve d'indigo ».

L'extraction est réalisée en exploitant les sources de sulfures naturelles.

Une fois la teinture achevée, il est possible de donner à l'étoffe un aspect lustré en la battant sur un billot.

Cette teinture est souvent pratiquée par les femmes et peut être associée au culte de divinités protégeant le monde féminin.

Les élèves peuvent également découvrir la récolte de feuilles de henné en été ou la récupération de l'ocre rouge en délayant cette argile dans l'eau jusqu'à des bassins de décantation où les mottes sont découpées et mises à sécher.

Cela peut faire l'objet d'esquisses intéressantes.

Ensuite, les multiples façons dont l'ocre est accommodé peuvent être évoquées, selon qu'on le destine à des peintures corporelles, à la décoration des murs en pisé, à la teinture des étoffes.

Enfin la dimension symbolique du rouge peut être examinée, son omniprésence dans les rites, qu'ils soient rites d'initiation, rites funéraires, car le rouge est ambivalent plus qu'une autre couleur, signalant à la fois la puissance de la fertilité (ou de la virilité) et les excès et dangers de cette même puissance. Ainsi, dans nombre de sociétés des régions arides, la maturité sexuelle est l'occasion d'orner de peintures rouges (à l'ocre) le corps des garçons et des filles comme l'on retrouve le rouge du henné au cœur des fêtes de fiançailles ou de mariage.

9. Ouvrir le débat sur la conservation de la biodiversité

► L'ensemble de la classe réfléchit à la conservation des ressources naturelles colorantes dans l'écosystème local.

- Certaines plantes ont-elles disparu ?
- La réduction de la biodiversité a-t-elle contribué à la disparition de traditions et de symboles dans les pratiques culturelles ?
- L'utilisation des colorants naturels disponibles pour la mise en valeur du corps et la coloration des vêtements ne permet-elle pas d'entretenir un lien physique et symbolique avec la terre et les espèces locales ?
- Même si le recours aux textiles imprimés, aux couleurs de synthèse est devenu commun, la population ne peut-elle demeurer garante, gardienne de coloris naturels alliant la collectivité humaine à son environnement ?

10. Réaliser sa propre teinture

► Pour se livrer finalement à un exercice de teinture, les élèves apprennent à utiliser certaines techniques de macération, de fermentation, de délayage, de pilage en fonction des colorants.

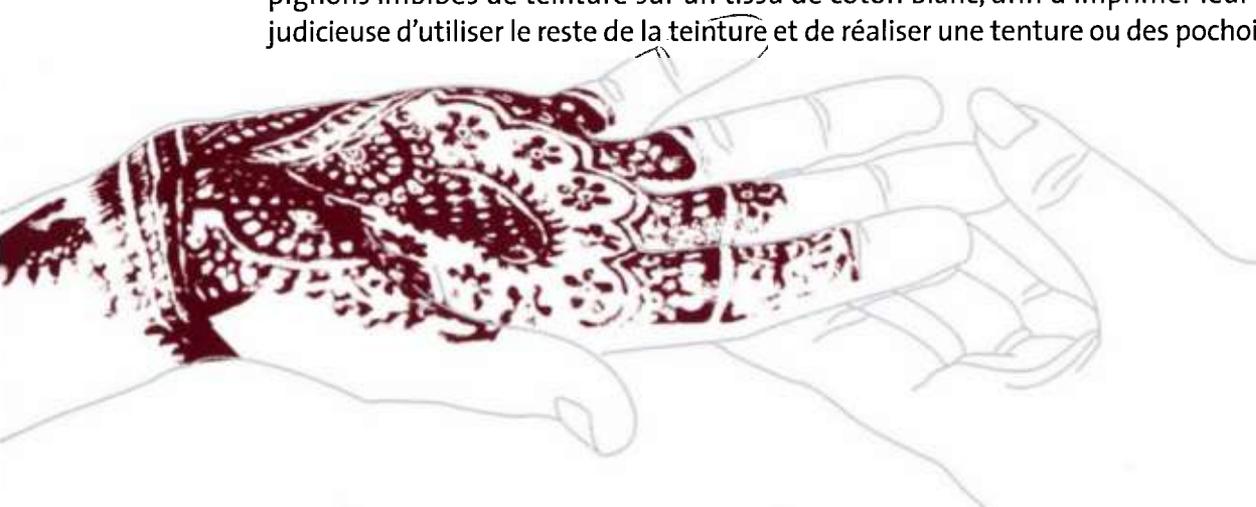
► Pour la gaude par exemple, ils fragmentent environ 1kg de plante sèche et la laissent macérer dans une marmite en cuivre.

► Parallèlement, ils préparent les fibres textiles, T-shirt ou tout autre tissu parfaitement propres et les font bouillir dans une eau contenant un « mordant » (comme de l'alun).

► Ils les introduisent ensuite dans la marmite contenant la gaude et portent le tout à ébullition (1 heure environ).

► Ils laissent alors refroidir le bain et rincent à l'eau claire.

À partir de la teinture réalisée, les élèves peuvent également appliquer des végétaux et des champignons imbibés de teinture sur un tissu de coton blanc, afin d'imprimer leur empreinte. Façon judicieuse d'utiliser le reste de la teinture et de réaliser une tenture ou des pochoirs pour la maison.



05

Sur les traces de la faune sauvage

Niveau ★ ★
intermédiaire

Lieu
en classe
et à l'extérieur



Durée
3 séances



Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Approcher les espèces animales dans leur contexte par l'étude des sons, le relevé d'empreintes et l'identification d'autres traces perceptibles.

2. Connaissances et compréhension

Après un point sur les caractéristiques des espèces animales en zones arides, apprendre à utiliser le récit pour mettre en valeur la relation d'un animal à son biotope et mieux comprendre l'interprétation d'un même environnement par plusieurs utilisateurs.

Déroulement

1. Faire un premier repérage

► Les élèves sortent dans l'environnement à la rencontre de la faune sauvage.

Ils tentent une approche discrète, découvrent la technique de l'affût (qui nécessite une longue maîtrise de soi, sans bruit ni mouvement intempestif) afin d'espérer surprendre les espèces en situation et d'être au plus près d'une observation sur le vif.

Les espèces sauvages les plus « observables » en zone aride étant les insectes, les lézards et quelques oiseaux (surtout dans les régions d'oasis), les élèves relient naturellement l'observation à l'écoute et, si possible, munis d'un magnétophone et d'un microphone, procèdent à des enregistrements de l'ambiance du milieu et des sons des animaux.

Si les conditions de l'enregistrement ne sont pas réunies, on peut se limiter à des séances d'écoute.

► Les élèves vont à la rencontre des espèces sauvages à des heures différentes : tôt le matin, tard le soir (l'écoute des sons est le meilleur moyen de détecter la présence de certains animaux nocturnes) et dans des conditions atmosphériques variées comme juste après la pluie (à la saison des pluies).

► Après plusieurs séances, mieux aguerris à la technique de l'enregistrement, les élèves peuvent employer – si leur école en est dotée – du matériel plus sophistiqué afin d'étudier la fréquence des sons ou procéder à des micro-enregistrements au sol, dans les arbres, afin de capter les bruissements et mouvements furtifs des espèces.

Quelle joie ! ... si après beaucoup de concentration, on peut observer et capter le passage rapide d'un rongeur, d'un serpent, ou même d'un fennec en Afrique, d'un dingo en Australie ou d'un coyote au Mexique.

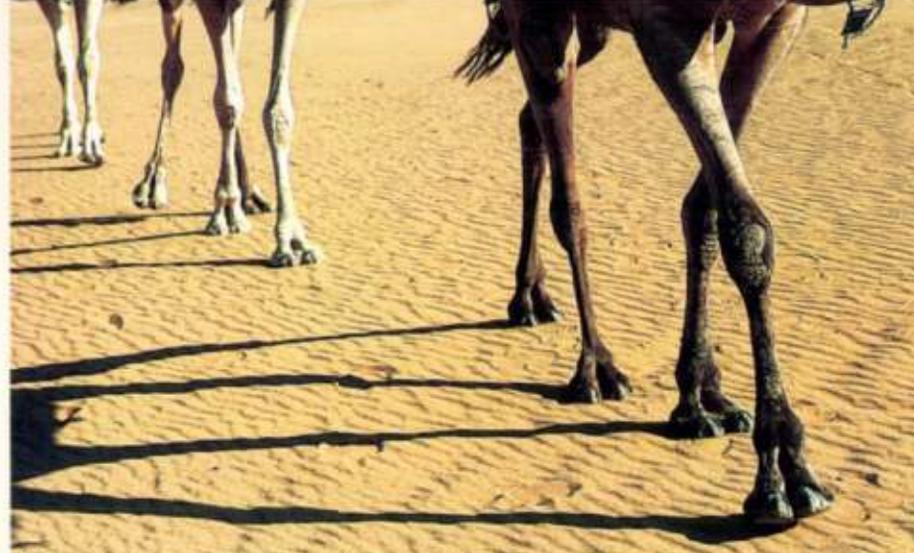
Dans les zones semi-désertiques comme les savanes arborées, il est plus facile d'observer en direct de grands mammifères comme les ongulés.

► Analysant les séances d'écoute, les élèves identifient les espèces à partir de leurs cris et tentent d'associer ces cris à une situation :



41

41 et 44. Traces de serpent sur le sable, bordure de l'Aïr et du Ténéré, Niger, 2000
©Michel Le Berre



42

42. Caravane dans l'oued Djerat, Tassili N'Ajjer, Algérie, 1979
©Michel Le Berre



43

43. Empreintes d'oiseaux dans le sable, Hassi Khalifa, Algérie, 2002
©Olivier Brestin



44

Est-ce que ce sont des cris de surprise, d'intimidation (pour effrayer un ennemi), d'alarme, de séduction (pour attirer l'autre sexe)?

En quoi et comment ces cris sont-ils révélateurs du mode de vie de l'espèce? Quel est le régime alimentaire de l'animal en question? Est-ce un prédateur?

2. Identifier les empreintes animales

Pour cette activité, il est vivement recommandé à l'enseignant de solliciter l'assistance d'un pisteur habitué à interpréter les empreintes laissées par les animaux sur le sol ou dans le sable. Ces traces sont de véritables « signatures » à la surface du sol, autant d'indices d'une activité cachée qui règne la nuit ou au petit matin.

Les élèves mènent l'enquête, guidés par le pisteur.

- Ils apprennent à repérer les traces d'enfouissement et les abris temporaires dus à des stratégies d'évitement de la chaleur, comme avec les taupes dorées (*Eremitalpa granti*) ou les vipères à cornes (*Cerastes cerastes*).

- Ils repèrent les modes de locomotion spécifiques comme le déplacement latéral des crotales.

- Ils apprennent à identifier les traces de mammifères comme les ongulés en Afrique saharienne et sub-saharienne en fonction de la largeur des empreintes.

Exemple :

Le large pied du chameau (on ne parle pas pour lui de sabot) est reconnaissable ; sa trace est surmontée de deux traces plus enfoncées qui sont celles des ongles et qui indiquent le sens de la marche.

- Les élèves distinguent les empreintes spécifiques des rongeurs qui donnent l'impression de marcher sur trois pattes comme la petite gerboise du Sahara (*Jaculus jaculus*) avec ses pattes avant qui se posent ensemble sur le sol.

► Ils distinguent également les traces en dentelle des insectes, les arabesques qui affleurent laissés par les mille-pattes ou les larves d'insectes et les traces en groupes des oiseaux.

► Dans les zones semi-arides, la classe peut se donner pour mission de repérer les traces d'espèces sauvages endémiques.

Exemples :

Celles des marsupiaux sur la terre des brousses et des steppes australiennes ou les pistes de milliers d'ongulés qui s'entrecroisent à travers les plaines herbeuses sèches d'Afrique.

De façon générale, les savanes et les steppes semi-désertiques sont riches en oiseaux chasseurs (aigles, chouettes) et en oiseaux coureurs (autruche d'Afrique, nandou d'Amérique, émeu d'Australie).

Les élèves peuvent rechercher toutes ces empreintes dans la boue ou sur le sable près des points d'eau.

► Une fois qu'ils se sont familiarisés avec les empreintes grâce à la présence du pisteur, les élèves réalisent des esquisses rapides de celles-ci dans leurs carnets de croquis.

► Ils soulignent bien le détail graphique de chaque empreinte (traces rondes, en étoile, en longueur, espacées, traînantes).

Repère-t-on distinctement des pelotes ou coussinets?

45. Gnou à queue noire
(*Connochaetes taurinus*),
Kenya, 2005
©Michel Le Berre

45



46. Steppe arbustive,
Réserve de biosphère *Bookmark*,
Australie, 1995
©Michel Le Berre

47. Dromadaire,
région de *Kata Tjuta*,
Territoire du Nord, Australie, 2001
©Olivier Brestin

48. Autruche femelle
(*Struthio camelus massaicus*),
Kenya, 2005
©Michel Le Berre

46



48



49. Rhinocéros, Kenya
© UNESCO-MAB / B. von Droste

3. Rechercher d'autres traces du mode de vie des espèces

► Aidés par le pisteur, les élèves recherchent différents indices indiquant la présence d'une ou de plusieurs espèces et renseignant sur son mode de vie.

L'équipe formée par le pisteur et l'enseignant rappelle les précautions et les règles à observer pendant la découverte :

Eviter de déranger les espèces, de détruire les abris, les terriers, d'enfreindre les territoires, de détruire les espèces végétales clés constitutives de la nourriture et de l'habitat des animaux, ne pas s'approcher des couvées et des portées, ni toucher les jeunes animaux.

► En cherchant bien, les élèves peuvent trouver çà et là des déjections, des pelotes de régurgitation, des plumes, éventuellement des traces de lutte au sol, des fragments de coquilles, des fruits ou cônes à moitié rongés, des nids, des abris, des traces olfactives, des indices concernant le rythme biologique de l'espèce, des signes de migration animale.

► Le pisteur amène les élèves à observer en quoi autant d'objets et de traces peuvent être matière à indices.

Comment permettent-ils d'interpréter la mobilité, le régime alimentaire, la reproduction, le territoire et le rapport au biotope d'une ou plusieurs espèces présentes en un lieu donné.

Exemple :

Le rhinocéros noir (*Diceros bicornis*) répand de l'urine sur le sol pour marquer son territoire. Le pisteur peut captiver les élèves en déchiffrant les informations contenues dans ces traces olfactives ; elles indiquent le sexe de l'animal, son âge et peuvent même permettre d'identifier un individu.

Remarque :

Les sons et les bruits, les empreintes, les objets et les indices laissés derrière soi sont autant de faits qui témoignent de l'existence des espèces ; ce sont des éléments intéressants à étudier, graphiques, saisissants, recelant une part de mystère ; mais ce sont des faits hors champ, hors vue, souvent en différé, de l'existence des espèces. Il est important à ce stade que l'enseignant ramène les élèves en classe, qu'il rassemble les informations scientifiques et les connaissances à transmettre, qu'il réunisse les pièces du puzzle et resitue chaque espèce dans la perspective de l'écosystème.

4. Faire le point sur la connaissance des espèces

Après un temps consacré à la recherche de documentation issue de livres, de photos, éventuellement d'Internet (si l'école est équipée), issue aussi de la transmission orale d'informations et d'anecdotes livrées par le pisteuseur ou d'autres personnes connaissant les animaux, le professeur présente les principales espèces de l'écosystème environnant.

► Il prend soin de présenter chaque espèce dans ses caractéristiques générales et dans ses adaptations morphologiques, physiologiques et comportementales aux écosystèmes des zones arides.

A. Les caractéristiques générales de l'espèce

L'enseignant précise plusieurs notions fondamentales :

• Qu'est-ce qu'une espèce ?

Il existe plus de un million et demi d'espèces animales répertoriées sur terre et le règne animal renferme de loin le plus d'espèces.

Chaque espèce est unique comme le chacal commun (*Canis aureus*).

Chaque membre de l'espèce ne se reproduit habituellement qu'avec des membres de sa propre espèce et présente un ensemble particulier de caractéristiques physiques.

• Chaque espèce appartient à une famille.

Dans la classification scientifique, les êtres vivants sont rangés dans des groupes de taille croissante qui indiquent le niveau de parenté entre les espèces différentes. Le chacal commun (*Canis aureus*) appartient à la famille des canidés.

• Qu'est-ce qu'un mammifère ?

La famille des canidés appartient à la classe des mammifères (*Mammalia*).

En dépit de grandes différences de formes, de taille et de mode de vie, la plupart des mammifères sont couverts de poils et tous allaitent leurs petits.

50



50. Nid de vautour dans un acacia, Kenya, 2005
© Michel Le Berre

51



51. Vautours en vol, Sierra Tarahumara, Mexique, 2006
© UNESCO/Olivier Brestin



52. Vautour fauve (*Gyps fulvus*) au repos, Cévennes, France, 2005
© Michel Le Berre



52



53



54

- Quel est le régime alimentaire d'une espèce en particulier? Est-ce un herbivore, un granivore, un omnivore?

Exemple :

En zones arides, beaucoup d'oiseaux omnivores mangent presque tout ce qu'ils trouvent de comestible: des insectes comme des graines ou des brindilles. Comparés à d'autres espèces, ils sont plus doués pour s'adapter à des changements dans leurs habitats.

Une espèce de rongeurs normalement granivore peut s'être adaptée à manger des plantes halophytes à l'épiderme dur et riche en sel de certaines régions comme les mérions, gerbilles du bassin d'Aral.

- Qu'est-ce qu'un prédateur?

Un animal qui se nourrit de proies.

Le professeur replace la prédation dans un contexte d'adaptation au milieu et de concurrence entre espèces, donc de lutte acharnée pour survivre.

C'est un mode de vie difficile qui, souvent, implique l'idée de stratégie car les proies sont toujours en alerte et s'enfuient au moindre signe de danger.

Beaucoup d'animaux sont des prédateurs.

Exemples :

En Afrique, les oiseaux chasseurs de serpents comme les messagers sagittaires (*Sagittarius serpentarius*) repèrent leur proie puis visent juste derrière la tête pour tuer un serpent venimeux d'un seul puissant coup de patte. Les scorpions de toutes les zones arides, comme ceux de la famille des Buthidés, tuent leur proie maintenue dans leurs pinces grâce à l'aiguillon de leur queue articulée. Les plus grosses espèces comme *Leiurus quinquestriatus* peuvent capturer des lézards ou de petits rongeurs.

- L'enseignant enchaîne naturellement sur la notion de défense et sur les modes de protection développés par les animaux:

– La plupart tentent de fuir;

Exemple :

Beaucoup de rongeurs des régions arides se déplacent sur deux pattes afin de traverser plus rapidement et à moindre risque l'espace entre deux plantes nourricières; c'est le cas du rat marsupial d'Australie.

– D'autres espèces adoptent des stratégies de mimétisme leur permettant de se camoufler dans leur milieu et ainsi d'échapper à la vue de leurs ennemis.

Exemples:

Le gecko à queue spatulée (*Phyllurus cornutus*) d'Australie se sert du **camouflage** naturel de sa peau pour se confondre durant la journée avec les troncs d'arbres où il stationne. Il est presque impossible à repérer car même ses yeux sont de couleur cryptique.

Le caméléon du Yémen (*Chamaleo calypttratus*) normalement vert clair rayé de jaune peut changer de couleur pour se confondre avec différents fonds.

• Plus largement, l'enseignant invite les élèves à s'interroger sur les relations liant les animaux entre eux ou les espèces entre elles.

– Certains animaux sont dits « sociaux ». Ils vivent avec leurs congénères en troupes, hardes ou clans. Ainsi groupés, il est plus facile de trouver de la nourriture, d'élever les petits, de repérer les prédateurs en s'entraïdant ou en se répartissant les tâches.

Exemple :

Dans une harde de girafes, les mères sont aidées par les autres membres du groupe pour protéger les girafons d'une attaque ; pendant que ceux-ci boivent, d'autres girafes, parents ou non, montent la garde.

– Les animaux entretiennent de multiples relations « fonctionnelles » avec les autres espèces qu'elles soient animales ou végétales.

L'atelier suivant, consacré au fonctionnement de l'écosystème, permettra d'éclairer les associations particulières entre animaux et végétaux à travers la zoochorie, la phorésie, le commensalisme (cf. Chap. 1, act.6, p.44).

Ici, l'enseignant choisit de mettre en valeur d'autres associations inter-animales avec le **parasitisme** ou le **mutualisme**.

Exemples:

La tique du chameau exploite son hôte en suçant son sang ; c'est un exemple de parasitisme.

Le pique-bœuf et le gnou (ou le zèbre) s'associent pour le bénéfice des deux partenaires; on peut parler de symbiose ou de mutualisme.

53. Lions (*Panthera leo*),
Parc National du W, Niger, 1999
© Michel Le Berre

54. Combat de girafes mâles,
(*Giraffa camelopardalis*), Niger, 1995
© Michel Le Berre

55. Scorpion (*Pandinus sp.*),
Parc National du W, Niger, 1995
© Michel Le Berre

56. Araignée (*Nephila clavipes*),
Nouvelle Galles du Sud, Australie, 2001
© Olivier Brestin



B. Les adaptations physiques et comportementales des espèces dans un écosystème aride

L'enseignant présente les animaux comme étant confrontés à deux soucis majeurs :

- Résister aux fortes chaleurs ;
- Compenser la rareté de l'eau.

Au fil du temps, les espèces ont développé de multiples stratégies d'évitement ou de tolérance afin de s'adapter à la chaleur et au manque d'eau en région aride.

► L'enseignant met d'abord en valeur les **adaptations morphologiques** des espèces pour résister aux contraintes thermiques :

- La surface des pieds s'est agrandie pour faciliter le déplacement sur le sable meuble ;

Exemple:

Les sabots très larges de l'antilope addax (*Addax nasomaculatus*).

- Les mammifères ont développé sous leurs pattes des coussinets de poils qui constituent une semelle isolante ;

Exemples:

C'est le cas des petites gerboises d'Égypte (*Jaculus jaculus*) et des lièvres du Cap (*Lepus capensis*).

- Les oreilles des animaux se sont allongées pour dissiper la chaleur.

On peut citer les fennecs ou les éléphants qui perdent de la chaleur par leurs grandes oreilles. Les pattes également se sont allongées pour éloigner le corps du sol (autruches, antilopes).

► L'enseignant enchaîne ensuite avec les **adaptations physiologiques** des espèces afin de compenser la rareté de l'eau :

- La majorité des animaux des zones arides boivent peu ou irrégulièrement.
 - Certains trouvent l'eau dans la nourriture consommée comme les gerbilles et les rats-kangourous qui transforment l'amidon des graines en eau.
 - D'autres absorbent directement l'humidité de l'air par la peau comme le moloch hérissé (*Moloch horridus*), un impressionnant lézard d'Australie à l'aspect de dragon couvert d'épines.
 - D'autres encore tolèrent une certaine déshydratation comme les chèvres, les mouflons et surtout le dromadaire qui accumule des réserves de graisse dans sa bosse. En cas de sécheresse prolongée, ces réserves se transforment en eau par oxydation des lipides.
- D'autres espèces font face à la déshydratation en réduisant leur sudation et leur élimination urinaire.

Pour limiter les pertes d'eau, de nombreux rongeurs des différentes zones arides produisent une urine très concentrée et des matières fécales sèches.

► En dernier lieu, l'enseignant éclaire les **adaptations comportementales** des espèces à leur milieu : quelles sont leurs stratégies d'évitement pour se prémunir de la chaleur et du manque d'eau ?

- Une première disposition consiste à s'abriter, à s'isoler de la chaleur par tous les moyens :
 - L'écosystème aride présentant souvent de fortes amplitudes thermiques entre le jour et la nuit, beaucoup d'espèces se terrent dans leurs terriers la journée pour ne sortir que la nuit quand l'air est plus frais.

Exemple:

Comme beaucoup d'animaux, la petite gerboise d'Égypte (*Jaculus jaculus*) construit des abris souterrains très en profondeur. Elle y est à l'abri de la chaleur du jour en obturant les entrées du terrier avec de la terre meuble, ce qui préserve son humidité.

- D'autres espèces dont de nombreux reptiles, comme le scinque officinal (*Scincus officinalis*) localement appelé « poisson des sables », échappent à la chaleur et au dessèchement en s'enfouissant dans le sable.



57

Dessin de gerboise (*Jaculus jaculus*)

• Une seconde stratégie consiste à réduire les effets du sol brûlant :

- Beaucoup d'espèces développent un comportement particulier, le lézard à collier (*Crotophytus collaris*) refroidit sa patte en la soulevant, le crotale cornu (*Crotalus cerastes*) avance en lançant son corps en l'air sur un côté, par déroulement latéral.
- D'autres espèces optent pour la vitesse, privilégient les courses ou les sauts rapides entre deux points.

L'enseignant peut à ce sujet introduire l'idée de convergence d'évolution entre plusieurs micro-mammifères sur plusieurs continents :

Ainsi les pitchi-pitchi ou souris marsupiales d'Australie, le rat-kangourou américain, les gerbilles d'Asie et la gerboise du Sahara bien que n'ayant aucun rapport génétique entre eux présentent un port similaire : ils ont tous des membres postérieurs vigoureux, démesurés, formant trépied pour faciliter la course et une très longue queue qui sert de balancier pendant le déplacement.

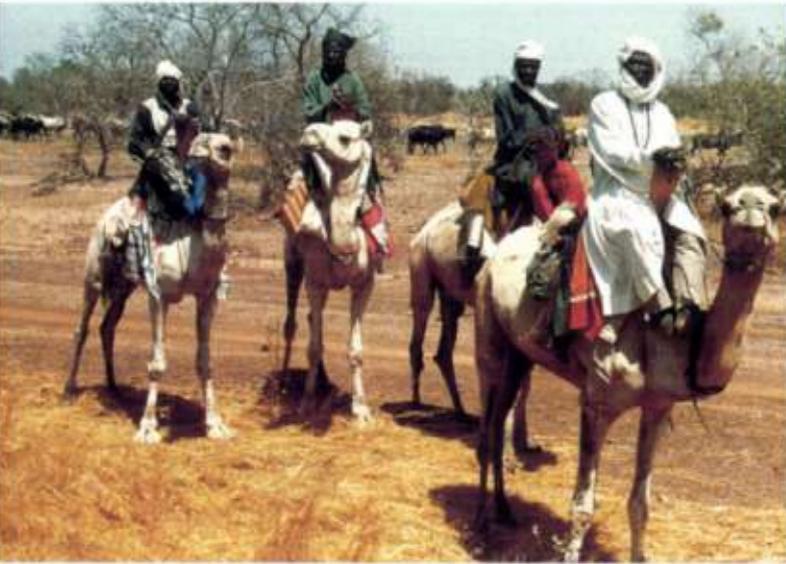
• Une autre réponse comportementale à la chaleur extrême consiste à entrer en léthargie. Soumis à des températures de 50°, les lézards et rongeurs déserticoles peuvent réduire de moitié l'activité de leurs tissus cellulaires ; ils entrent alors en estivation, un état de vie ralentie symétrique de l'hibernation.

► L'enseignant termine en explorant les stratégies comportementales déployées par les espèces pour compenser le manque d'eau.

Comment certaines espèces parviennent, malgré tout, à humidifier leur corps ou encore à boire en récupérant l'eau des brouillards nocturnes ou l'eau des parois humides de leurs terriers, en captant également l'humidité contenue dans l'air expiré ?

Exemple :

Dans le désert du Namib en Afrique australe, des scarabés comme l'onymacride griffue (*Onymacris unguicularis*) recueillent l'humidité des brouillards côtiers en se tenant penché, la tête en bas, sur les crêtes des dunes. L'eau, condensée sur leur corps, s'écoule alors vers leur bouche, leur fournissant l'hydratation indispensable. La présentation de l'enseignant permet de mesurer les prouesses d'adaptation des espèces animales. Elles élaborent une grande diversité de réponses aux conditions de vie extrêmes des différents écosystèmes arides.



58. Pasteurs-éleveurs nomades, Sahel
© Thomas Schaaf



59. Dromadaire et selle touarègue,
Djanet, Tassili N'Ajjer, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

► L'enseignant étaye l'information scientifique par des récits ; il utilise si possible une documentation variée, imagée, et intègre les anecdotes du pisteur.

5. Examiner un animal dans l'environnement et rédiger des notes

► Pour clore l'activité, l'enseignant lance une nouvelle phase d'observations des espèces locales. Il propose aux élèves de retourner à leur quotidien, de se placer en situation réelle et d'étudier une espèce de leur entourage (domestiquée ou non). Chacun choisit un animal qu'il observe attentivement pendant plusieurs jours.

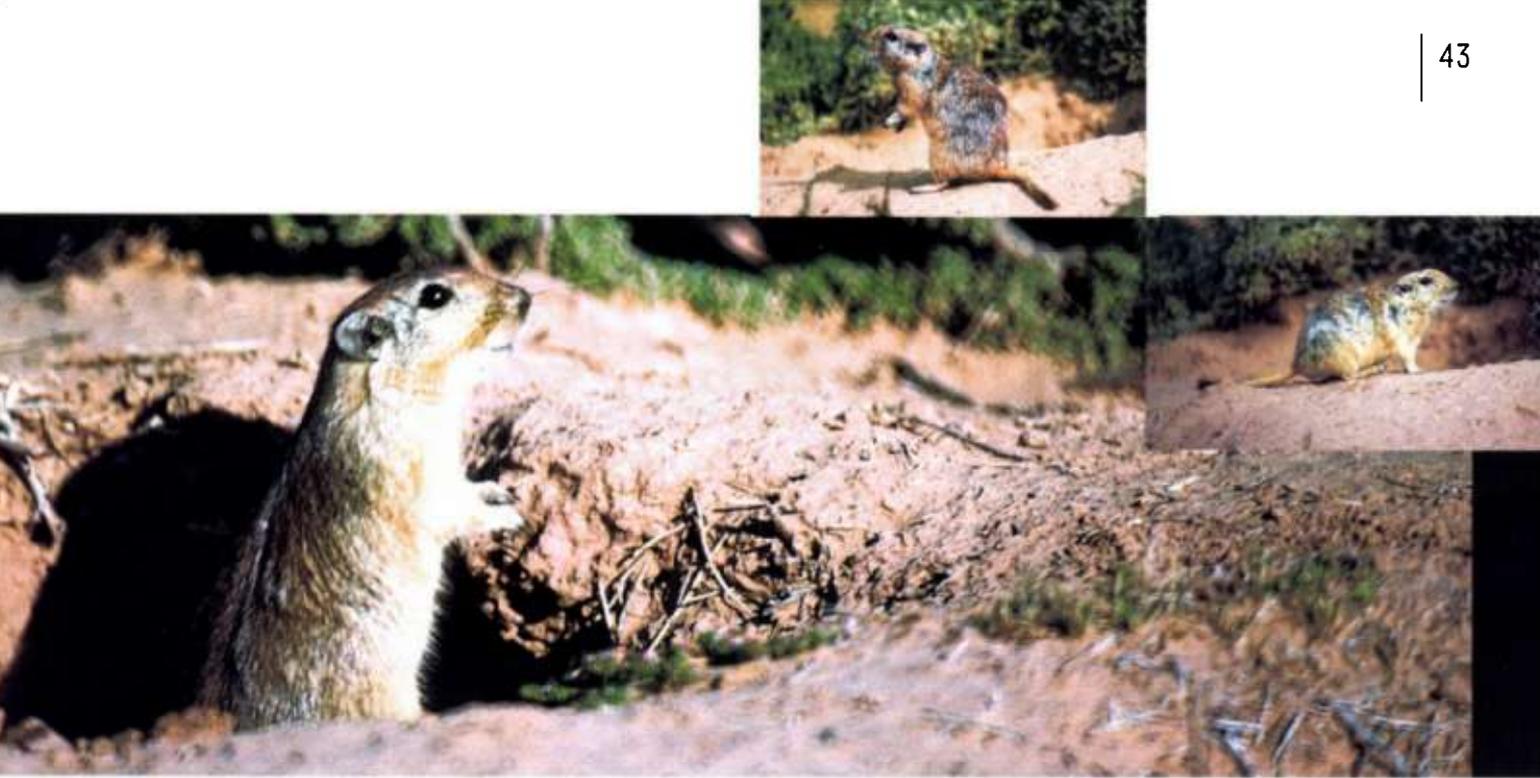
► L'élève repère ses allées et venues, ses faits et gestes, son comportement dans le milieu, ses réactions aux événements et prend des notes.

Ses notes peuvent s'accompagner de dessins, d'esquisses rapides. L'objectif n'est cependant pas de « faire beau », de produire des esquisses accomplies, mais plutôt de saisir un geste ou un comportement.

► Dans tous les cas, les notes qu'il prend sont descriptives, elles rendent compte de l'acuité de son regard.

Exemple : le dromadaire.

- Sa lèvre supérieure est fendue ;
- Sa pupille ressemble à une fente, allongée, oblique ;
- Il peut porter de lourdes charges ;
- Il est animal de bât et de selle ;
- Il regimbe quand il est contraint ;
- Quand il est libéré de toute charge, il part lui-même chercher sa nourriture ;
- Il préfère la végétation buissonnante aux graminées ;
- Quand il broute, il se déplace constamment et exploite de larges espaces ;
- Il broie les épines de ses dents puissantes et ne craint rien (sa bouche est calleuse) ;
- Il aime brouter les feuilles fraîches des arbres (elles lui fournissent de l'eau) ;
- Il boit bruyamment et longuement d'un seul trait ;
- Quand il a bu, a été bien nourri et qu'il est en forme, sa bosse est gonflée à bloc ;
- Quand elle est vidée, on ne la voit presque plus ;
- Son large pied, sole molle, craint les cailloux et les pentes ;
- Quand il marche, il va l'amble ;



60. Gerbille, (*Psammomys obesus*),
région de Goulimine, Maroc, 1989
©Michel Le Berre

- Il peut être rapide sur ses longues jambes élancées (méharis);
- Il est plutôt peureux, un lézard l'effraie...
- Il produit un lait de haute qualité nutritive, riche en vitamine C (elle est précieuse dans les régions sèches où fruits et légumes sont rares);
- Ses excréments, évacués le matin, sont ramassés car ils servent de combustible;
- Quels sont les mots par lesquels on le désigne dans la communauté selon son âge, son sexe, sa couleur, sa forme physique, son origine? (Les Touaregs disposent d'une centaine de mots pour le désigner, c'est dire à quel point il est vénérable, et vénéré, à leurs yeux!)
- Peut-on qualifier une personne de «dromadaire» ou de «chameau»? Qu'évoque t'on alors? Son indifférence? Son entêtement? Sa hargne? Ou tout autre chose?

6. Construire le récit de la vie d'une espèce animale

► De retour en classe, les élèves vont chacun à leur tour, «faire parler» une espèce à travers des récits qu'ils inventent spontanément.

Chacun choisit l'espèce qu'il souhaite personnifier et se projette en situation.

Exemple:

«Je suis une petite gerboise. Il est quatre heures de l'après-midi, il fait une chaleur accablante et je suis tout au fond de mon terrier. Heureusement, il reste frais car il est très profond. Ses parois sont humides, alors parfois, quand je souffre de la chaleur, je récolte avec la langue une goutte d'eau qui suinte ou je me frotte contre les parois pour me rafraîchir... »

Cet exercice permet de fixer les connaissances transmises. L'élève s'approprie d'autant plus le savoir qu'il passe par l'intériorisation, le ressenti, par la voix et le corps.

Lors de ces récits, il ne s'agit pas de mimer des situations, mais de se laisser aller à imaginer dans le cadre fixé par les connaissances transmises et de mettre en valeur la relation d'un animal à son biotope.

Comment un même environnement peut-il être perçu et interprété par différents utilisateurs? Quels sont les rythmes observés et les difficultés rencontrées par l'espèce animale dans son environnement aride?

► Les récits s'enchaînent, les exemples se multiplient, les points de vue alternent à travers les personnifications et permettent de mesurer la somme des usages de l'environnement pratiqués par les espèces animales.

06

La fresque de l'écosystème

Niveau

avancé



Lieu

en classe
et à l'extérieur

Durée

4 séances



Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Représenter l'écosystème comme une unité fonctionnelle en rassemblant au sein d'une grande fresque colorée plusieurs communautés de plantes, d'animaux et de micro-organismes en interaction avec leur environnement non vivant.

2. Connaissances et compréhension

À partir de la fresque réalisée, appréhender les logiques de fonctionnement de l'écosystème à travers les notions d'interdépendance entre espèces, de réseaux trophiques et de succession écologique.

Déroulement

1. Choisir deux zones de l'environnement où la diversité biologique est importante

► La classe parcourt l'environnement et détermine deux zones représentatives de l'écosystème local.

On choisit deux zones différentes du point de vue de la couverture végétale car un écosystème est surtout perceptible grâce aux plantes : elles représentent l'essentiel de la biomasse, elles déterminent la structure spatiale de l'écosystème, elles révèlent ses rythmes temporels (saisons).

Il est conseillé de choisir deux zones assez rapprochées l'une de l'autre et, si possible, une zone de végétation naturelle (écosystème naturel) par opposition à une zone de cultures (écosystème semi-naturel, en partie déterminé par l'activité humaine).

Exemples:

En Amérique centrale, il peut s'agir d'une formation à plantes grasses comme la brousse à *saguaro* et d'une zone de végétation mixte associant cultures et haies vives de nopal.

En Afrique du Nord, il peut s'agir d'une steppe buissonnante à couvert discontinu et d'une zone de cultures traditionnelles comme la palmeraie.

2. Repérer les deux zones représentatives de l'écosystème dans le contexte élargi du paysage

Il est important à ce stade que les élèves puissent resituer les deux zones choisies dans le contexte plus vaste du paysage.

Comment deux unités de l'écosystème, caractérisées par les espèces qui y vivent, s'intègrent dans une grande unité de paysage définie par le relief et sa formation ?

► Pour cet exercice, l'enseignant encourage les élèves à prendre du recul, à rechercher un point de vue, qu'il soit distant ou surplombant ou simplement à déambuler, à cheminer d'une zone à l'autre en observant le paysage aux alentours.

Comment le paysage est-il construit par le relief ? La ligne d'horizon est-elle ouverte sur le lointain ?



61 et 64. Cactus chandeliers (*cardones*) et herbe de la pampa (*Cortaderia selloana*), région aride de San Pedro de Atacama, Chili, 2006
©UNESCO/Olivier Brestin

62 et 63. Cactus candélabres, région semi-aride de Batopilas, Mexique, 2006
©UNESCO/Olivier Brestin

Des contreforts montagneux ou rocheux ferment-ils la ligne d'horizon? À quelle distance? Discerne-t-on des escarpements? Des terrains en pente? Une plaine? Comment s'articule la trame du paysage constituée d'éléments linéaires et plans?

► Dans des carnets de croquis les élèves consignent notes et dessins et prennent leurs repères : Où est le Nord? Le Sud? De quel côté le soleil se lève-t-il?

Les deux zones représentatives de l'écosystème se situent-elles dans la plaine ou sont-elles nichées au creux d'un escarpement?

Sont-elles protégées du vent par des éléments de relief? Sont-elles protégées d'un trop fort ensoleillement? Sont-elles humides? Quelle présence de l'eau?

Ces annotations sont précieuses et vont servir à l'élaboration de la structure d'ensemble de la fresque.

3. Dessiner un fond de fresque ou une silhouette du paysage

► Les élèves utilisent un grand pan de papier, déployé et fixé au mur.

► À partir des informations captées en parcourant le paysage, ils dessinent un fond de fresque qui va servir de cadre à la représentation des deux zones de l'écosystème choisies.

Cette silhouette de paysage n'est pas forcément réaliste.

► Les élèves dessinent sommairement des éléments de relief et la ligne d'horizon qui opèrent comme une toile de fond et donnent une unité d'ensemble à la représentation de l'écosystème. Celui-ci ne peut pas être résumé à une ou plusieurs unités séparées dans l'espace, mais doit être évoqué comme un ensemble, un complexe d'écosystèmes en interrelation dans le paysage.



65



67

Sur ce fond de fresque, viennent se superposer les représentations en gros plan, frontales, détaillées, des deux zones représentatives de l'écosystème, comme deux agrandissements, deux loupes sur l'écosystème.

L'idée de choisir deux zones (naturelle et semi-naturelle) permet de signifier qu'en des points différents du paysage, l'écosystème se forme à chaque fois différemment.

► Dans cet objectif, l'enseignant entraîne d'abord les élèves sur le terrain, à la découverte des deux milieux choisis.

4. Examiner chaque zone dans le détail

L'élève déambule seul, puis en groupe, observant librement la zone de végétation naturelle ou la zone de cultures. Il s'imprègne de la découverte. Puis viennent les orientations et les éclaircissements du professeur.

► Les élèves font un inventaire des espèces-clés qui déterminent la composition de la biocénose pour chaque zone.

► Ils repèrent d'abord les plantes et réalisent des esquisses rapides dans leur carnet. Ainsi distinguent-ils les espèces remarquables de chaque type de formation végétale.

Exemples:

Le *saguaro* (*Carnegia gigantea*) est caractéristique de la brousse à cactus cierge du désert de *Sonora* au Mexique. Différentes espèces d'acacias (*Acacia flava*, *Acacia hamulosa*, *Acacia tortilis*) sont caractéristiques des savanes sèches arborées de la région sahélienne en Afrique.

► L'enseignant encourage les élèves à dialoguer avec les anciens de la communauté, détenteurs d'une grande part du savoir environnemental.

Quelles sont les plantes compagnes qui cohabitent avec les espèces remarquables vues précédemment?

► Les élèves, guidés par leurs pairs et l'enseignant, apprennent à identifier et à reconnaître les espèces sur le terrain.

Exemples:

L'*ocotillo* aux tiges feuillues (*Fouquieria splendens*) et des *yuccas* (*Yucca brevifolia*) font également partie de la phytocénose à *saguaro* (*Carnegia gigantea*). Certains sous-arbrisseaux, autres plantes compagnes, fournissent l'abri nécessaire à la germination des *saguaros*.

► Les anciens connaissent bien les associations entre espèces ; ils peuvent évoquer par des anecdotes et faire découvrir avec brio les habitants des diverses formations végétales.

Exemples :

La tige du *saguaro* abrite de nombreux animaux comme l'écureuil antilope d'Harris (*Ammospermophilus*), le pic flamboyant (*Colaptes auratus*) dont les trous sont réutilisés par de nombreuses petites chouettes : les chevêchettes (*Micrathene whitneyi*).

Quand un être vivant profite ainsi de l'abri d'un autre être vivant sans lui nuire ni le déranger, on parle de **commensalisme**.

Les oiseaux, comme le pic de Gila (*Melanerpes uropygialis*) mangent les fruits du *saguaro* contenant de très nombreuses graines qu'ils disséminent sans les digérer et concourent ainsi à la dispersion et à la conservation de l'espèce. On parle alors de **zoochorie**.

► Les anciens éclairent les élèves sur les terres propices à certaines espèces ; ils les entraînent à découvrir sur le terrain les micro-milieus abrités, les micro-milieus humides, donnent des repères aux élèves concernant l'orientation, les sources d'eau superficielles et la présence de la **nappe phréatique**.

► Les élèves consignent ces précieuses indications dans leur carnet et mettent en relation les ressources et les conditions du milieu avec les espèces présentes.

Exemples :

Le *saguaro* préfère les pentes chaudes, orientées au sud, car il ne survit pas à 24 heures de gelée.

Les plantes à bulbes ou à tubercules comme *Iris sisyrhynchium*, un petit iris des régions arides méditerranéennes d'Afrique du Nord, se pressent dans les petites dépressions où l'eau s'accumule et la stockent dans leurs organes de réserve.

65. Pic de Gila (*Melanerpes uropygialis*), région de Satevo, Mexique, 2006 ©UNESCO/Olivier Brestin

66. Ocotillo (*Fouquieria splendens*), région de Cuauhtémoc, Mexique, 2006 ©UNESCO/Olivier Brestin

67. Yucca, région de Urique, Mexique, 2006 ©UNESCO/Olivier Brestin

68. Tourterelle, région de Satevo, Mexique, 2006 ©UNESCO/Olivier Brestin

69 et 71. Fleurs et feuilles d'ocotillo, région de Cuauhtémoc, Mexique, 2006 ©UNESCO/Olivier Brestin

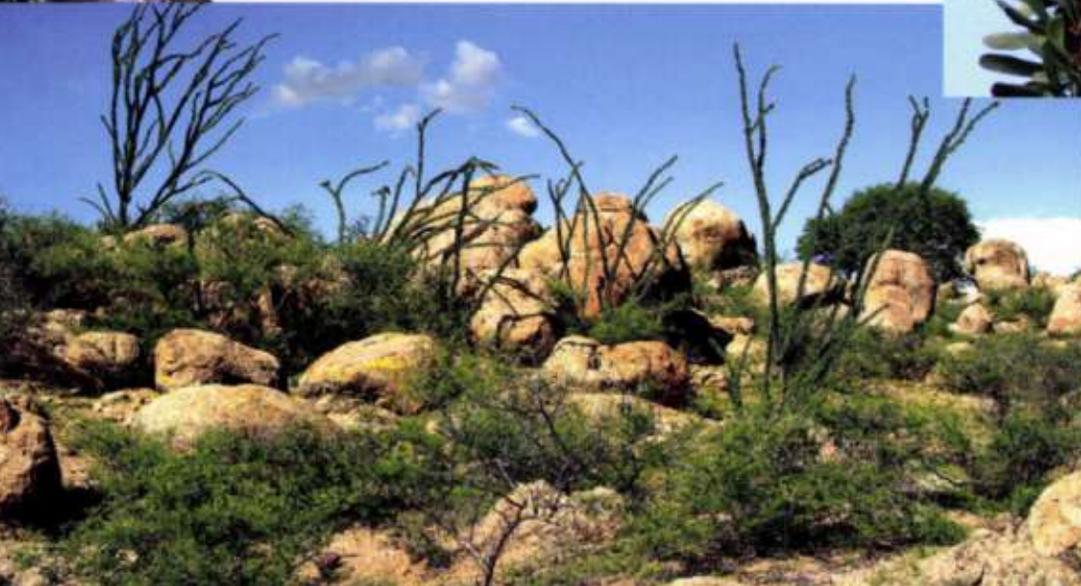
70. Ocotillos (*Fouquieria splendens*), région de Cuauhtémoc, Mexique, 2006 ©UNESCO/Olivier Brestin

69



71

68



70

5. Intégrer des notions à partir de l'expérience de terrain

Avant la réalisation de la fresque, l'enseignant recadre par des schémas les notions issues de la reconnaissance de terrain qui précède.

A. Interaction des espèces vivantes et de l'environnement non vivant

- ▶ Le professeur peut schématiser certaines situations au tableau et capte ainsi l'attention des élèves;
- ▶ Il illustre les points suivants :
 - Chaque zone déterminée supporte un écosystème au sens d'un complexe dynamique formé d'une ou de plusieurs communautés d'organismes vivants et de leur environnement non vivant.
 - Les différentes espèces s'influencent les unes les autres de diverses manières et dépendent de facteurs abiotiques, c'est-à-dire non biologiques comme le climat et le sol.
 - Ces facteurs abiotiques sont les ressources du milieu en eau, en lumière, en nutriments (du sol), en espace et sont aussi les conditions données par la température, le vent, la pluie, les variations climatiques.

B. Interdépendances entre espèces et réseaux trophiques

- ▶ Le professeur peut réaliser divers schémas dont un schéma simplifié de chaînes alimentaires. Il montre par des flèches les liens entre organismes vivants servant de nourriture à d'autres organismes (cf. schéma p.21) . Les flèches sont bien dans le sens du transfert de matière et non dans le sens de la prédation.

Exemple :

Herbe ▶ Antilope ▶ Lion

- ▶ Il peut choisir d'évoquer les points suivants :
 - La plupart des espèces consomment divers types d'aliments et s'intègrent dans plusieurs chaînes alimentaires qui forment un réseau trophique.
 - Les diverses chaînes alimentaires commencent par les producteurs que sont les plantes. Grâce à l'énergie lumineuse du soleil, les plantes transforment le dioxyde de carbone atmosphérique en molécules organiques et produisent ainsi des protéines et des sucres sous forme de matière végétale utilisable par d'autres organismes (cf. Chap. 2, act. 3, p. 80).
 - Les autres espèces des chaînes alimentaires sont des consommateurs (les animaux, les humains) qui survivent en mangeant les producteurs et d'autres consommateurs.
- Ne pas omettre les décomposeurs qui se nourrissent de matière organique morte dont ils recyclent les éléments nutritifs.
- Il existe d'autres interactions que les dépendances alimentaires du type «A mange B».
- Outre le commensalisme, on a pu voir la zoochorie, à savoir la dissémination des fruits et des graines par les animaux.





72. Cultures dans la palmeraie, Tunisie
© UNESCO-MAB



73. Irrigation des cultures à partir d'un puit à traction animale, Iférouane, Air, Niger, 2006
© Michel Le Berre

On peut citer la **phorésie**, le processus par lequel un animal (acariens, insectes, mollusques) se déplace d'un site à un autre porté par un autre organisme animal.

C. Succession écologique

L'enseignant peut proposer un schéma chronologique pour montrer un écosystème en développement. Cette explication, menée de façon vivante et illustrée, permet d'introduire l'idée de temps dans l'écosystème.

► Il illustre les points suivants :

- Quand un écosystème est détruit par un ouragan ou un feu de forêt, l'environnement naturel se recrée progressivement. Au cours d'un processus appelé **succession écologique**, différentes étapes se développent jusqu'à ce qu'une biocénose stable existe.
- Sur le sol nu, les graines transportées par le vent s'installent et germent. Ainsi, sous certaines conditions, les plantes dites « pionnières » peuvent s'épanouir ; elles n'ont à faire face à aucune compétition.
- Ensuite des plantes plus grandes s'ajoutent aux premières et les dominent. La compétition pour la lumière alimente la domination d'une espèce sur une autre : pousser toujours plus haut pour « une place au soleil ».
- En zones arides, le couvert végétal est clairsemé. L'étagement de la végétation entre plantes basses, sous-arbrisseaux et arbustes est néanmoins repérable dans des formations végétales comme les brousses arbustives ou les savanes sèches.

6. Réaliser la fresque de l'écosystème

Suite à cette étape de compréhension, la classe s'engage dans la réalisation de la fresque en dessinant au crayon les grandes lignes de la zone de cultures et de la zone de végétation naturelle sur le fond de fresque.

► Les élèves utilisent tout matériel disponible : crayons de couleur, crayons gras, pastel, pastilles de peinture à l'eau, gouache, poudres colorantes.

► L'exécution du dessin est répartie entre les élèves et chacun ensuite colorie ou peint le détail qu'il a représenté.

► Les élèves se servent de la couleur comme d'un outil fondamental pour l'exécution de la fresque car elle permet d'illustrer les notions évoquées précédemment avec le professeur.

Ainsi, la représentation colorée des strates de végétation éclaire la notion plus vaste de succession écologique évoquée auparavant.

Exemple:

Dans la palmeraie en Afrique du Nord ou en Arabie, les cultures traditionnelles sont organisées en strates.



74

75

Chacune des strates crée un microclimat favorable à la culture de l'autre. La couleur permet de différencier et de mettre en valeur chaque strate: la plus haute strate, constituée de palmiers ombrage les plus petits arbres fruitiers: citronniers, orangers, figuiers, oliviers. Ces petits arbres fruitiers servent eux-mêmes à protéger les cultures plus basses, de tomates, piments, carottes, blé, orge, luzerne, henné, maïs.

► Les élèves rehaussent le dessin des formes et des végétaux dans la couleur au moyen d'un crayon de papier ou d'un pinceau fin.

► Ils utilisent la couleur pour signifier la relation de concurrence, de compétition entre espèces aux besoins similaires comme entre plusieurs espèces végétales pour l'accès à l'eau.

Exemple :

Les élèves utilisent deux couleurs qui se répondent sur la fresque pour représenter le couvert végétal d'un semi-désert où graminées et sous-arbrisseaux comme *Ephedra przewalskii*, en Asie centrale, recouvrent partiellement le sol.

À la fin de l'été, en automne, la pluie est rare, les graminées sont sèches (jaune clair dilué), les fruits des sous-arbrisseaux sont vibrants de couleur (rouge).

Il est intéressant de montrer au moyen d'une «fenêtre» rajoutée que, selon la saison, le rapport de forces des couleurs s'inverse: au printemps, avec le retour des pluies, le vert des graminées domine.

Il se peut qu'ainsi une espèce domine l'autre en alternance.

► Pour montrer l'alternance de domination d'une espèce sur l'autre et le changement de couleur, les élèves apprennent à créer des fenêtres sur la fresque : ils y représentent une situation alternative ou en différé, un détail rajouté ou grossi, sur lesquels ils veulent « faire loupe » dans un cercle isolé et nettement circonscrit.

Ainsi, l'utilisation d'une fenêtre reliée par un trait au dessin de la fresque permet de montrer le changement de couleur de la végétation et la compétition entre espèces à des saisons différentes. La dimension temporelle de l'écosystème est ainsi suggérée.

► Les élèves utilisent le dessin (également circonscrit dans une fenêtre) pour mettre en valeur des détails comme l'importance de la morphologie des espèces dans l'interaction avec le milieu et les autres espèces.

Exemples:

Les **éphémérophytes** aux racines superficielles très étalées pour absorber les rares précipitations se combinent bien avec des espèces possédant des organes de réserve souterrains comme les **géophytes** ou plantes à bulbes ou à tubercules (iris, tulipes, oignons) ou avec d'autres espèces dont les racines s'enfoncent très en profondeur comme les acacias.

► En dernier lieu, l'ensemble de la classe met en situation les espèces animales sur la fresque. Chaque espèce est positionnée dans son milieu. Une partie du point d'eau est vue en coupe ou dans une fenêtre grossissante.

Les élèves y dessinent les principales espèces animales qui vivent là : poissons, amphibiens, insectes. Qui mange qui ? Sont représentés les animaux qui ne nourrissent d'autres organismes vivants et ceux qui sont absorbés. Les animaux qui se rassemblent près du point d'eau sont également représentés.

Exemple:

Les oiseaux porteurs d'eau comme *Ganga cata* (*Pterocles alchata*) en Afrique se servent des plumes de leur poitrine comme d'une éponge pour rapporter de l'eau à leur couvée. On peut les dépeindre en situation sur la fresque, abreuvant leurs petits.

► L'enseignant veille à ce que les représentations des deux zones emblématiques se répondent, se fassent écho sur la fresque. Elles témoignent qu'en des points différents du paysage, l'écosystème fonctionne à travers les espèces qui y vivent.

L'impression est celle d'une fresque habitée, grouillante de vie. Il ne s'agit pas tant de capter les animaux dans leurs postures ou leurs mouvements quotidiens (le croquis sur le vif est difficile), que de rappeler leur existence et leur appartenance à l'écosystème en les dessinant sur la fresque.

► En spécifiant par le dessin les habitants de l'écosystème, la classe s'attache à représenter sa face cachée, comme si toutes les espèces étaient visibles et repérables.

► Différentes synergies d'action intégrant les animaux peuvent être mises en valeur grâce à l'utilisation des fenêtres : ici, l'interdépendance entre espèces animales dans le cadre du régime alimentaire, là, l'idée de cycle entre la pollinisation des fleurs (abeilles, oiseaux), la dispersion des graines (oiseaux) et la germination des plantes.

Ainsi, l'idée d'une synchronisation entre les divers éléments de l'écosystème est transmise, celle d'une dynamique de réseau, d'une « fabrique » en marche et en devenir. Cette idée induit l'aspect temporel et événementiel de l'écosystème exploré dans l'atelier suivant.

74. *Pancratium* sp. (géophytes),
région du W, Niger, 1999
© Michel Le Berre

76. Plante à feuilles succulentes
Malephora crocea, Chili, 2006
© UNESCO/Olivier Brestin

75. Fleur d'Iridacées (géophytes),
région du W, Niger, 1999
© Michel Le Berre

77. Aizoacées en fleurs (*Carpobrotus* sp.),
Réserve de biosphère *Bookmark*,
Australie, 1995
© Michel Le Berre



07

Biodiversité et mise en scène : une maille dans la toile de vie

Niveau **avancé** ★ ★ ★

Lieu **en classe** 

Durée **5 séances** 

Introduction

La biodiversité désigne toutes les formes de vie sur Terre. Elle désigne l'ensemble des espèces vivantes (animaux, végétaux et micro-organismes) présentes sur la planète ainsi que les caractéristiques naturelles de chacune de ces espèces. Elle constitue la toile de vie dont nous faisons intégralement partie et dont nous sommes totalement dépendants.

Chaque élément – une espèce particulière ou une caractéristique naturelle de celle-ci – forme une maille de la toile de vie et est reliée à d'autres mailles de la toile. Chaque élément du réseau à la fois *influence* et est *influencé*; chaque élément est acteur et dépendant.

L'activité va permettre aux élèves de visualiser clairement en quoi un « trou » dans la toile de vie ne signifie pas simplement qu'une espèce disparaît, qu'elle n'est plus là, qu'une maille « saute ». Cela signifie un « trou » ou une discontinuité dans la somme des interactions entre les différents éléments de la diversité biologique, cela signifie que le comportement d'un élément a des conséquences sur l'ensemble du système, que les mailles « chassent », que le « trou » devient plus grand. Ainsi, quand une espèce d'oiseau disparaît d'un écosystème, cela met fin aux fonctions de pollinisation et de dissémination des graines accomplies par cette même espèce d'oiseau lorsqu'elle vaque à ses occupations quotidiennes.

Objectifs

1. Connaissances et compréhension

En imaginant plusieurs scénarios et mises en scène qui permettent de visualiser les conséquences de la disparition des espèces, les élèves saisissent l'impact de la réduction de la biodiversité sur l'écosystème.

2. Aptitudes

Grâce à l'exercice du mime et de la mise en scène, chaque élève intègre et s'approprie des comportements et des attitudes responsables, bénéfiques pour la biodiversité.



78. Fleur de laurier rose, (*Nerium oleander*), Ithérir, Algérie, 1985 © Michel Le Berre

79. Bourdon butinant, © UNESCO-MAB, R. Bill

80. Palmeraie spontanée et dyke volcanique, Aharhar, Algérie, 1985 © Michel Le Berre



Déroulement

1. Choisir une espèce-clé dans l'écosystème

► Par groupes, les élèves choisissent une espèce qu'ils ont pu repérer dans l'écosystème : une plante, un animal, un insecte dont ils ont étudié les caractéristiques dans les activités précédentes.

► Le professeur les amène à choisir une espèce qui remplit plusieurs fonctions dans l'écosystème (liées à la nourriture, à la **germination** des plantes, à la dissémination des graines, à la pollinisation, à la recharge du sol en nutriments). Ce sont des espèces qui entretiennent plusieurs types d'interdépendances (de dépendances mutuelles) avec d'autres espèces et en l'absence desquelles l'écosystème serait différent.

2. Imaginer la disparition de l'espèce et les scénarios d'évolution de l'écosystème

► À l'oral, les élèves évaluent les conséquences, pour un écosystème, de la disparition d'un organisme vivant.

Ils visualisent et décrivent l'enchaînement des conséquences à travers des scénarios qu'ils enrichissent à tour de rôle en s'exprimant.

Le récit est vivant, chacun y va de son anecdote; le professeur recadre si besoin la progression des idées.

Exemple de scénario n°1:

Dans la brousse à cactus-cierge au Mexique, que se passe-t-il si des arbrisseaux comme le bois de fer (*Olneya tesota*) qui cohabitent avec le *saguaro* (*Carnegiea gigantea*) disparaissent ?

- La matière de leurs feuilles qui tombent à la saison sèche n'alimente plus le sol en nutriments.
- La densité de leurs branchages n'offre plus l'abri nécessaire à la germination du *saguaro*.
- Les racines des arbrisseaux ne retiennent plus le terrain lorsque se forment les *huaycos*, des crues temporaires.
- Les insectes, rongeurs, reptiles et oiseaux qui se nourrissent des feuilles, tiges ou graines des arbrisseaux n'ont plus de ressources alimentaires disponibles. Ils diminuent ou disparaissent.
- Cela affecte à leur tour les prédateurs comme la chevêchette brune (*Glaucidium brasilianum cactorum*) ou le coyote (*Canis latrans*) qui s'attaquent soit aux reptiles soit aux rongeurs.

Ainsi, tout l'écosystème est mis à mal, le *saguaro* lui-même est menacé surtout si sa dissémination n'est plus assurée grâce aux oiseaux granivores ou omnivores (par leurs fientes) ou grâce aux petits mammifères (les graines se prennent dans leur fourrure).

Dans ces conditions, le *saguaro* ne peut ni germer d'une part, ni croître et se développer d'autre part. Tout l'équilibre de l'écosystème est compromis.

- Les élèves imaginent d'autres scénarios pertinents avec la disparition des détritivores, relativement nombreux dans les régions arides : fourmis, termites et certains ténébrions (coléoptères).



81

81. Termitières magnétiques,
Territoire du Nord, Australie, 1993
©Michel Le Berre

82. Fourmilière,
région du W, Niger, 2000
©Michel Le Berre

82



83 et 84. Vues du Mallee,
Réserve de biosphère *Bookmark*, Australie, 1995
© Michel Le Berre

Exemple de scénario n°2:

Que se passe-t-il en Afrique sahélienne si les bousiers ou scarabées viennent à disparaître ?

- Ils n'influent plus sur la savane sèche sahélienne en jouant un rôle essentiel dans le cycle de renouvellement des nutriments à l'origine de la fertilité des sols, car:
 - Ils ne recyclent plus les quantités abondantes d'excréments des grands herbivores ou des animaux d'élevage en affinant et désagrégeant les excréments grossiers lors de leur alimentation.
 - Ils ne préparent plus la décomposition finale de cette matière organique par les micro-organismes et décomposeurs jusqu'à « assimilation » des éléments minéraux nutritifs par l'écosystème.

Exemple de scénario n°3:

Et si les fourmis venaient à disparaître de formations buissonnantes comme le « mallee » australien ou le « Gran Chaco » dans le nord de l'Argentine ?

- Elles ne participeraient plus à la régénération des sols en concentrant les nutriments en des lieux précis comme dans leurs champignonnières, où elles rapportent des morceaux de feuilles qui sont mâchés et régurgités pour fournir un compost idéal à la culture des champignons.
- Elles ne favoriseraient plus ainsi la culture de champignons.

Il n'y aurait plus, en ces lieux précis, d'absorption de compost par les décomposeurs (que sont les champignons par exemple) qui recyclent les nutriments de la matière morte en libérant des éléments minéraux (azote, phosphore, magnésium, potassium) qui infiltrent le sol.

- Sur leurs nids, il n'y aurait plus d'établissement possible d'une succession rapide de végétation allant de graminées ou plantes succulentes jusqu'à des plantes ligneuses.

Là aussi, l'équilibre de l'écosystème serait menacé.

3. Mettre en scène un « petit théâtre de l'écosystème » en trois temps

► Le professeur invite les élèves à résumer les scénarios par écrit, puis à mimer les situations évoquées dans ceux-ci.

Il divise alors la classe en deux groupes : un groupe-acteur, un groupe-public.

Chaque groupe élabore en alternance une mise en scène à partir des scénarios. En amont de la représentation, chacun prépare des messages écrits ou dessinés.

► Le groupe-acteur présente des situations mimées, entrecoupées de messages informatifs à l'attention du public. Les messages peuvent renseigner sur l'identité des acteurs : « nous sommes des oiseaux omnivores », ou sur les phénomènes agissant dans le milieu « la sécheresse persiste », « le sol est pollué par les pesticides ».

► L'action se construit en 3 temps :

1^{er} temps :

► Le groupe-acteur montre d'abord le raffinement déployé par une espèce dans ses adaptations morphologiques et comportementales aux conditions rigoureuses des écosystèmes arides.

Les élèves peuvent mimer certaines situations en référence à des espèces dont ils ont étudié les caractéristiques. Ils intègrent leurs improvisations au sujet des espèces directement à la mise en scène.

Exemples :

Le lézard des sables du Namib nage littéralement dans le sable pour échapper à la chaleur. La gerbille de Mongolie étend son régime alimentaire à toutes sortes d'éléments végétaux (feuilles, tiges, graines, racines, écorce de ligneux) en cas de sécheresse persistante. Les fourmis recréent un écosystème spécifique dans les endroits les plus dénués de végétaux à partir de matière végétale transportée par le vent.

2^e temps :

► Les élèves signalent ensuite que l'espèce en question est menacée de disparition ou s'éteint.

3^e temps :

► Le groupe-acteur met en scène les conséquences en chaîne de la disparition de l'espèce. Les élèves éclairent ainsi certains constats et distinctions qu'ils peuvent faire :

- Si l'espèce en question (un rongeur par exemple) sert de nourriture à beaucoup d'autres, sa disparition a des conséquences plus importantes que celle d'une espèce qui n'est consommée que par une seule autre, car à leur tour plusieurs espèces se raréfient ou disparaissent.



85. Agriculteur sahélien
© UNESCO-MAB



86. Maraîchage au bord du fleuve,
région du W, Niger, 2000
© Michel Le Berre



87. Village du park Niokolo Koba, Sénégal
© Yann-Arthus Bertrand, *La Terre vue du Ciel*, UNESCO

• Les organismes spécialisés qui ne consomment qu'un type de ressource, comme les larves inféodées aux plantes succulentes, sont plus menacés que ceux dont les ressources alimentaires sont variées comme les oiseaux omnivores.

Selon les situations, les élèves miment les différences de comportement d'une espèce à l'autre.

► Enfin, ils miment l'impact de la disparition des espèces sur les fonctions écologiques qui ne sont plus assurées :

Au-delà des distinctions toutes les espèces sont indispensables : elles remplissent des fonctions à l'origine des interactions entre espèces (régulation des populations, dispersion des graines) et offrent des services précieux pour le bon fonctionnement de l'écosystème.

L'homme ne peut remplacer ces fonctions quand les espèces disparaissent. Ainsi les élèves vont-ils mimer la disparition de certaines fonctions écologiques essentielles.

Ils montrent par exemple :

– L'invasion des ravageurs (criquets pèlerins, pucerons) en l'absence de leurs prédateurs que sont les caméléons ou les coccinelles ;

– La dégradation de la pollinisation accomplie par les abeilles ;

– L'absence d'entretien de la fertilité des sols normalement assuré par les fourmis et les termites ;

– Les inondations et la force des vents qui ne sont plus modérées par les arbres ou les arbustes, grâce à leurs racines profondes et puissantes et à leur feuillage (rôle joué par l'olivier sauvage, le cyprès, le chêne vert dans l'écosystème méditerranéen).

► L'inspiration fuse, les messages dessinés ou écrits soutiennent l'exercice de la mise en scène et montrent la fragmentation de l'écosystème au fur et à mesure que les fonctions écologiques essentielles disparaissent.

Le petit théâtre devient de moins en moins animé, de plus en plus silencieux, la vie s'amenuise, jusqu'au silence total.



88. Cultures, région de *Sidi-Bel-Abbès*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

89. Bergers, région de *Sidi-Bel-Abbès*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

90. Grenades et dates sur le marché, *Tatahouine*, Tunisie, 1988
©Michel Le Berre



91



92

93



91. Marchand de fruits et légumes, région de *Sidi-Bel-Abbès*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

92. Marchands de légumes sur le marché de *Ghardaïa*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

93. Pastèques sur le marché, Ouzbékistan, 2005
©Michel Le Berre

94. Épices sur le marché d'*El-Oued*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

4. Intégrer certaines conclusions

► Le professeur profite du silence et de l'attention des élèves pour mettre en valeur certains points signifiés par l'action en trois temps menant à la disparition de la biodiversité :

- On perd un patrimoine naturel unique car les zones arides présentent un véritable intérêt pour la biodiversité à une large échelle : elles abritent des espèces uniques dotées de caractéristiques intéressantes qui témoignent d'une adaptation fine à leur milieu. Elles constituent le berceau de beaucoup d'espèces et d'essences résistantes à la sécheresse.
- Il existe une relation de cause à effet évidente entre la réduction de la biodiversité biologique et la déstabilisation de l'écosystème car les espèces vivantes des zones arides, plus adaptées que diversifiées, jouent un rôle actif, souvent à plusieurs titres, dans l'écosystème et participent étroitement à l'équilibre du réseau.

Rompre l'équilibre d'une espèce et la voir disparaître risque, plus qu'ailleurs, de déstabiliser l'écosystème lui-même, or c'est la fragmentation puis la dégradation des écosystèmes qui conduisent à la désertification et constituent la menace la plus grave pour la diversité biologique.

- Les populations dépendent elles-mêmes du maintien de la biodiversité car, comme l'indique le texte intitulé : *Assurer la pérennité de la vie sur Terre*, édité par le Secrétariat de la Convention sur la diversité biologique : « L'appauvrissement de la biodiversité diminue souvent la productivité des écosystèmes et réduit d'autant la réserve de biens et de services que la nature met à notre disposition et que nous utilisons en permanence ».

C'est la biodiversité qui procure des ressources essentielles (avec la coexistence des plantes et des animaux) aux sociétés, souvent agricoles, des zones arides. Autre réseau d'interdépendances ! En outre, plus les ressources dont les populations disposent sont variées, mieux elles peuvent survivre aux difficultés du climat et aux aléas de l'environnement.

5. Mesurer l'impact des activités humaines sur la biodiversité

Quel rôle l'homme joue-t-il dans un écosystème ?

► Les élèves recherchent les causes profondes d'une ou plusieurs menaces pesant sur la biodiversité dues à l'influence humaine.

► Par le dialogue et la réflexion avec l'enseignant, ils mesurent combien la diminution de la diversité biologique en termes de disparition d'espèces et d'appauvrissement du capital génétique est générée en grande partie par l'impact d'interventions humaines.

Ils repèrent ces impacts ou facteurs néfastes en région aride :

- L'utilisation excessive des sols qui, de ce fait, s'appauvrissent ou s'épuisent (rotation inadéquate des cultures, monoculture, labours excessifs).
- La conversion de la couverture végétale naturelle (comme les herbages des savanes) en terres cultivables et en établissements humains (pour subvenir aux besoins d'une population sans cesse grossissante, les habitats naturels des espèces sont détournés à des fins agricoles).
- L'intensification de l'élevage et du surpâturage, la pression du bétail sur la végétation (surtout en saison sèche quand les arbres et les arbustes fourragers représentent jusqu'à 60% de l'alimentation du bétail) et le piétinement du sol.
- L'utilisation croissante de certaines essences d'arbres dans la construction et pour la fabrication d'outils.
- L'intensification du déboisement avec l'utilisation du bois de feu comme principale source d'énergie domestique.
- La destruction des espèces (plantes et animaux) par les grandes quantités d'insecticides et de pesticides de l'agriculture intensive qui polluent les terres.
- La disparition de la faune sauvage qui entraîne l'isolation et à la fragmentation des peuplements végétaux. Dans les pays où la faune persiste, elle constitue le principal mode de dispersion des graines.
- La réduction de la diversité génétique dans les cultures traditionnelles locales qui sont essentiellement constituées de sorgho, de mil et de légumineuses comme les haricots ou les pois.

► Le professeur résume: l'ensemble de ces facteurs associés entraîne la destruction de la couverture végétale, la réduction drastique du nombre d'espèces animales et l'appauvrissement du capital génétique.

6. Mettre en scène des comportements et des actions bénéfiques pour la biodiversité

► Plutôt que d'attribuer simplement la réduction de la biodiversité aux activités humaines, les élèves réfléchissent à ce qu'il conviendrait de faire pour éviter une telle situation.

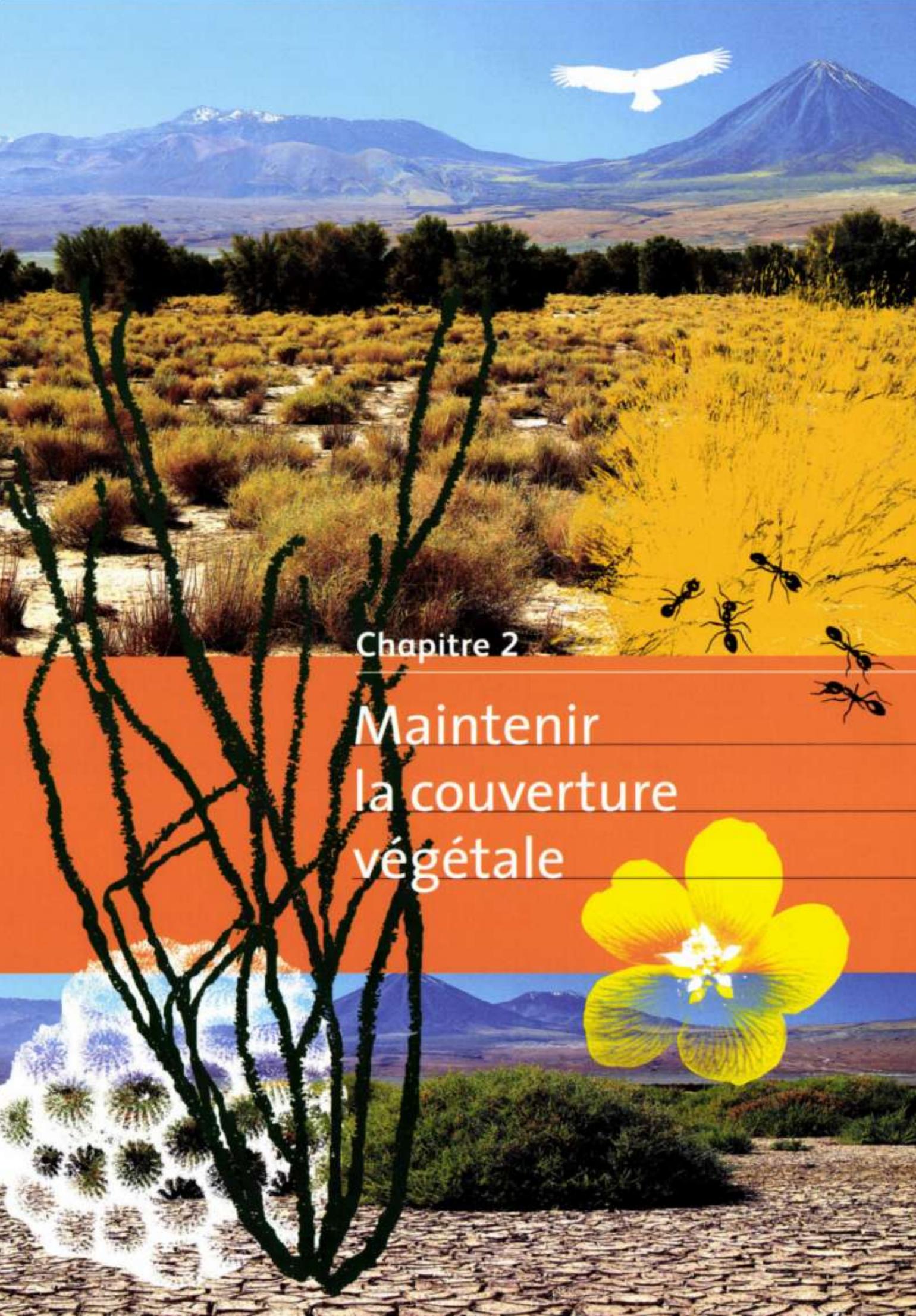
► Ils se documentent et élaborent la mise en scène d'actions et de comportements bénéfiques pour l'écosystème.

► Avec sans doute une certaine jubilation, ils incarnent le rôle d'adultes responsables et peuvent développer au choix certaines des situations suivantes:

- Un agriculteur instaure un système d'aération, de jachère et de repos de la terre sur ses parcelles;
- Un autre, aidé de scientifiques, procède à l'analyse d'un espace naturel sauvage et le recense en termes d'habitats d'espèces avant de renoncer à le reconvertir;
- Un berger se sépare d'une partie de son cheptel et investit son énergie dans une source complémentaire de revenus (dans l'artisanat par exemple);
- Un autre choisit de préserver les maigres ressources en biomasse générées par les pluies et trouve des aliments de substitution pour ses bêtes (fourrages extérieurs, céréales achetées);
- Un riche producteur de la palmeraie fait le pari d'utiliser moins d'herbicides et de pesticides et de laisser émerger un écosystème spontané sur une partie circonscrite de ses parcelles cultivées. Quelle saveur ont les fruits qui continuent d'y pousser?

► Si la zone jouxte l'eau, n'y a-t-il pas moins d'espèces envahissantes et nuisibles comme les jacinthes d'eau (*Eichhornia crassipes*) du fait que les prédateurs naturels reviennent et concourent à les éliminer?

L'enseignant explique à ce sujet qu'une espèce comme la jacinthe d'eau est déclarée « nuisible » par l'homme alors que sa prolifération est liée à son statut d'espèce exotique envahissante, déplacée par l'homme précisément, sans son cortège « naturel » de prédateurs.



Chapitre 2

Maintenir
la couverture
végétale

01 Parcours initiateur des plantes et des fleurs

Niveau 
simple

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
2 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Après une phase de découverte sensible des végétaux dans l'environnement, étudier et identifier particulièrement les angiospermes (plantes à fleurs), grâce à un travail sur la couleur.

2. Connaissances et compréhension

Comprendre le rôle des plantes à fleurs dans le cycle reproductif des espèces et mesurer leur importance fondamentale dans le maintien de la couverture végétale.

Déroulement

1. Privilégier la découverte sensible des végétaux

De préférence pendant la saison humide, le professeur invite les élèves à faire l'expérience des végétaux à travers leurs cinq sens :

- ▶ Selon les formations végétales qui constituent l'environnement, les élèves marchent dans les herbes hautes (savane herbeuse sèche), apprécient la texture des feuilles par le toucher, frôlent, palpent la matière végétale, découvrent arbres et arbustes grâce à leur écorce, observent un arbre en se tenant sous sa couronne.
- ▶ Ils écoutent les sons des végétaux dans le vent : le craquement des branches (cyprés, pins, baobabs), le bruissement des feuillages.
- ▶ Ils observent les ondulations des graminées dans le vent et se tiennent sous des arbres différents à la saison des pluies : quel bruit diffus d'arrosage ? Quel son évoquant le tambour quand la pluie est forte ? Quel battement selon les textures et les surfaces des végétaux exposés ?



1. Floraisons diverses
dont *Calendula*, Maroc, 1989
© Michel Le Berre



2. Floraison de statiques (*Limonium sinuatum*)
sur le reg rouge, Maroc, 1989
© Michel Le Berre



3. Floraisons diverses d'espèces sauvages, plateau de *Lella Setti*, Tlemcen, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

► L'enseignant incite les élèves à se servir de leur odorat et de leur goût.

Ils hument, sentent, respirent les végétaux.

Ils repèrent l'odeur des fleurs, prélèvent de minuscules fragments de conifères, de plantes aromatiques et les écrasent sous leur nez pour dégager les senteurs.

Exemples :

Les feuilles en écailles des cyprès comme *Cupressus sempervirens* ou les aiguilles de Pin d'Alep (*Pinus halepensis*) en Égypte, Libye, Mauritanie. Les graines, feuilles, fleurs en ombelles de l'aneth (*Anethum graveolens*) qui pousse de façon spontanée au Proche-Orient.

► Les élèves constituent des collections d'odeurs, même éphémères, en enfermant leurs échantillons dans des boîtes ou des flacons. L'enjeu est alors de reconnaître les échantillons les yeux fermés.

► Le même exercice, précautions prises, peut être proposé avec la dégustation de fruits ou de graines issus de plantes sauvages.

Le professeur doit savoir distinguer au préalable les plantes comestibles des plantes toxiques.

Exemples :

Le fruit comestible du mesquite (*Prosopis chilensis*) au Mexique et au Chili.

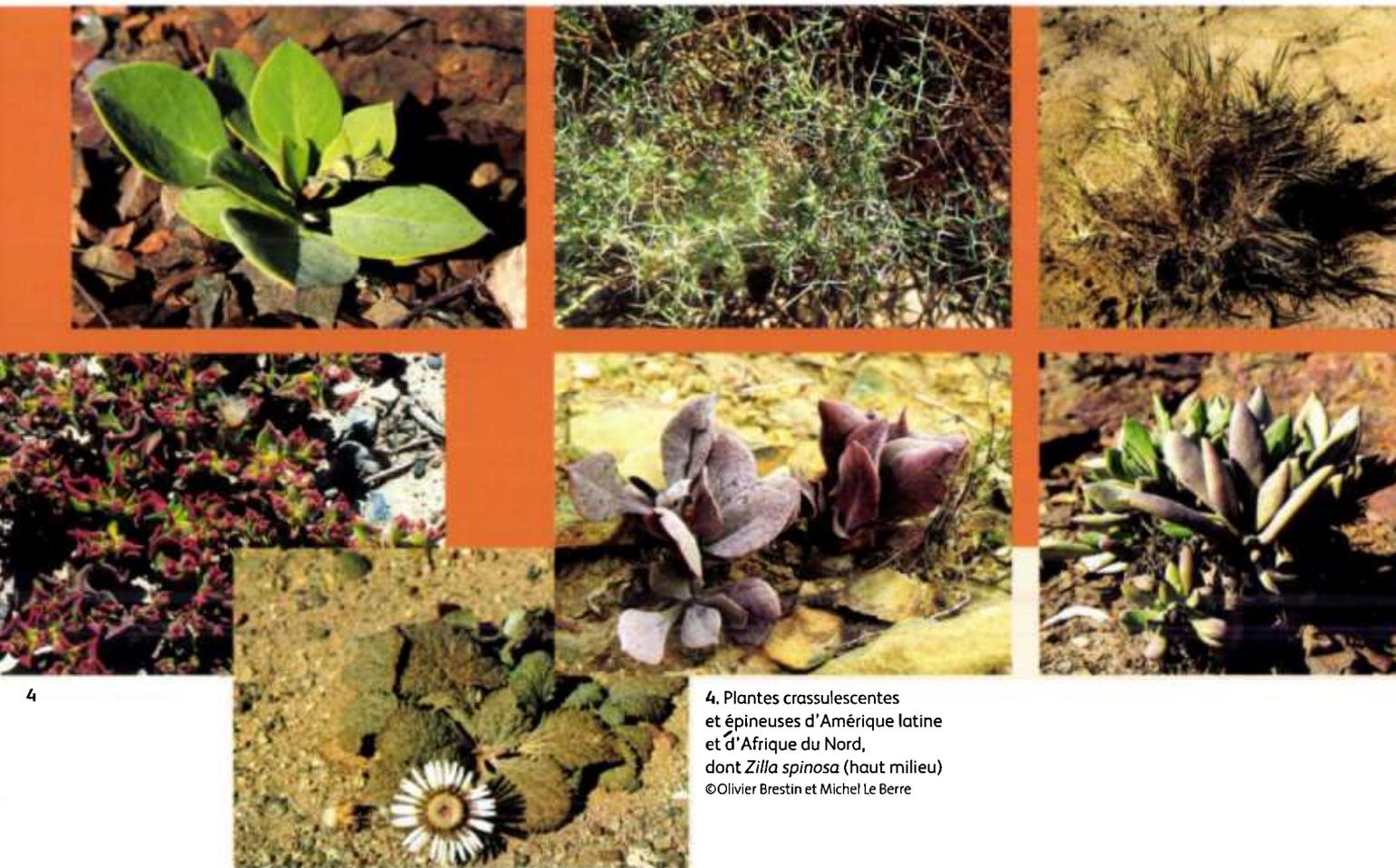
Le fruit souvent savoureux du baobab (*Adansonia digitata*) en Afrique sahélienne.

2. Composer des planches tactiles à partir de collectes

► Les élèves juxtaposent, croisent, superposent des échantillons de feuilles collectées.

Ils apprennent à les maintenir ensemble à l'aide d'épines, facilement disponibles en milieu sec, ou à l'aide d'un point de colle.

Par groupes, ils placent leurs tissages végétaux sur des supports cartonnés pour un meilleur maintien.



4

4. Plantes crassuléscentes et épineuses d'Amérique latine et d'Afrique du Nord, dont *Zilla spinosa* (haut milieu)
©Olivier Brestin et Michel Le Berre

- ▶ Ils distinguent ainsi, par le toucher, les différentes matières et textures de feuilles :
 - Feuilles plates, en aiguilles, en écailles, en rubans.
 - Feuilles lisses, molles, épaisses, dures, crassuléscentes (charnues), velues, épineuses, collantes.
- ▶ Étant donné la variété des graines apparentes (graminées) ou produites par les fruits (drupes ou fruits secs comme les akènes, capsules, siliques, gousses), les élèves constituent des planches tactiles à partir de fruits ou de graines collés. Ils mesurent là aussi la variété de matières, de textures, de tailles, de couleurs des éléments assemblés.

Exemple:

Parmi les gousses, fruit typique des plantes de la famille des légumineuses, il existe des gousses velues, coriaces, tendres, grandes, petites, selon les espèces (fèves, haricots, genêts) et la diversité prime également entre espèces ou variétés différentes (la gousse de l'*Acacia tortilis* ne ressemble pas à la gousse de l'*Acacia nilotica* ni à celle de l'*Acacia albida*) [cf. croquis p. 72].

- ▶ Pour l'arrangement des éléments sur le support, les élèves peuvent constituer des formes à partir des graines et des fruits ou les ranger selon une progression chromatique du plus clair au plus foncé (quand les couleurs ressortent).
- ▶ Cette planche des graines et des fruits permet d'éclairer une première fois les étapes du cycle reproductif des végétaux :

Les fruits viennent d'une fleur. Quand la fleur a été fécondée par le pollen des étamines, le pistil (organe femelle) se transforme en fruit. À l'intérieur du fruit, se trouvent les graines.
- ▶ Le professeur clôt la phase de reconnaissance sensorielle des végétaux et de leurs éléments constitutifs en proposant à la classe de se concentrer sur les fleurs ou plutôt sur les angiospermes : les plantes à fleurs, qui représentent jusqu'à 80% des espèces végétales (même en région aride) et dont les fleurs nous attirent et nous enchantent.

► Il explique que les plantes à fleurs se développent sous forme d'arbres, d'arbustes, de plantes grimpantes, de plantes herbacées, d'herbes souples, de tiges; elles ont conquis tous les milieux de la planète et se sont particulièrement adaptées aux conditions de vie difficiles des écosystèmes secs (cf. Chap. 2, act. 3, p. 78).

Parallèlement aux plantes à fleurs, des champignons et d'autres plantes comme les lichens, les mousses, et les gymnospermes (regroupant les conifères et les cycas) vivent aussi dans les régions arides.

3. Aborder les fleurs par un travail sur la couleur

Le professeur choisira de mener cette étape de l'activité à la saison des pluies, lors d'une période propice à l'observation des floraisons.

► Il guide la classe dans la découverte des fleurs en privilégiant des spécimens aux corolles larges ou à défaut, déployées et colorées.

Selon les régions du monde, les élèves se concentrent en priorité sur des fleurs dites « simples » qui poussent isolément sur un pédoncule et remarquables par leur corolle épanouie.

► La classe distingue ainsi l'anatomie typique d'une fleur reposant sur quatre éléments nécessaires à la fructification :

Deux éléments essentiels, le pistil, souvent composé de plusieurs carpelles (organes sexuels femelles) et les étamines (organes sexuels mâles), et deux éléments concourants, le calice, un cercle externe de sépales qui protège la fleur lorsqu'elle est en bouton et la corolle, un cercle interne de pétales, signe d'une fleur épanouie, au centre duquel se trouvent le pistil et les étamines.

Exemples :

Parmi les espèces à observer, on peut citer les pavots (de la famille des papavéracées) comme le pavot épineux ou herbe dragon (*Argemone mexicana*) typique du Chili, des portulacées ou des mauves (malvacées) comme *Calandrinia longiscapa* ou *Cristaria molinae* également endémiques des déserts latino-américains ou des liliacées présentes dans le Sahara comme *Asphodelus refractus*.

Certaines fleurs, comme les hémérocalles ou « lis d'un jour », ne sont pas des fleurs simples, puisque les fleurs poussent en groupes sur la plante. Mais chaque tige se terminant par un spécimen unique et imposant, la plante permet une bonne observation des éléments floraux facilement repérables.



5. Plants de *Calandrinia longiscapa* dans leur milieu naturel, région de *Huasco*, Chili, 2006
©UNESCO/Olivier Brestin

6. Fleur de *Calandrinia longiscapa*, Chili, 2006
©UNESCO/Olivier Brestin





7 et 8. *Cristaria Molinae*, Chili, 2006
© UNESCO/Olivier Brestin

- ▶ L'ensemble de la classe fait le constat de l'éclat des couleurs : le rouge ou le jaune vif du pavot, le violet profond de *Calandrinia*, le mauve subtil de *Cristaria*, le bleu franc de *Nolana*, le jaune d'or, rouge vibrant, blanc pur des cactées ou iridacées des déserts.
- ▶ L'enseignant avance une raison majeure à l'éclat des corolles : les fleurs attirent ainsi – par la vivacité des couleurs – les rares insectes pollinisateurs qui vivent en terres sèches. Il rappelle, en outre, que toutes les fleurs jouent le même rôle majeur dans l'écosystème : celui de produire des graines et d'assurer ainsi la fonction reproductrice de l'espèce.

- ▶ À partir d'échantillons rapportés à l'école, les élèves classent les fleurs par couleur, observent la monochromie de chaque spécimen, repèrent la relative simplicité des formes (forme et taille des pétales, de la tige, des feuilles) et s'interrogent sur la façon de représenter chaque fleur par la couleur, en utilisant de la peinture à l'eau.

Répartis en deux groupes, ils expérimentent deux possibilités :

- Ils se servent de l'aplat de peinture pour capter les formes des fleurs colorées et la couleur adéquate et réalisent des esquisses colorées à partir de l'observation simultanée des spécimens.
- Ils trempent les spécimens dans la peinture en ayant pris soin de rechercher et de recréer la couleur juste (correspondant au spécimen) en peinture. Ils réalisent ensuite des empreintes de végétaux sur papier.

4. Comprendre la notion d'inflorescence et étendre le travail sur la couleur à l'étude de toutes les fleurs

- ▶ Après avoir observé principalement des plantes dont les fleurs simples poussent isolément sur un pédoncule (en écartant les astéracées qui sont de fausses fleurs simples), les élèves se concentrent maintenant sur des fleurs qui poussent en groupes caractéristiques appelés « inflorescences ». L'inflorescence est la disposition de fleurs groupées sur la tige d'une plante.

- ▶ Le professeur apprend aux élèves à en distinguer plusieurs types :

- Un épi est une inflorescence dont les fleurs sont fixées directement sur une même tige, sans pédoncule.

Exemple :

L'épi jaune doré et odorant du mesquite (*Prosopis pubescens*) très fréquent au Mexique.

- Une grappe est une inflorescence dont les fleurs sont rattachées à une même tige par un pédoncule.

Exemple :

Les grappes rouges de l'oseille sauvage (*Rumex vesicarius*) en Afrique saharienne.

- Un capitule est une inflorescence qui ressemble à une fleur unique mais c'est un ensemble de « fleurons » (petites fleurs) groupés sur un plateau.

Exemple :

Toutes les astéracées ou composées que l'on trouve en Amérique du Sud ou dans les pays arabes.

Exemple d'inflorescence en épis



10. Mimosa australiensis,
Blue Mountains, Australie, 1993
© Michel Le Berre

Exemple d'inflorescence en grappes



11. Oseille sauvage (*Rumex vesicarius*),
région de Biskra, Algérie, 1982
© Michel Le Berre

Exemple d'inflorescence en capitules



12. *Anvillea radiata* (Astéracées),
sud du Maroc, 1989
© Michel Le Berre

L'enseignant explique: en apparence composé d'un cœur et d'une collerette de pétales, le capitule d'une astéracée comme le souci (*Calendula aegyptiaca*) n'est pas un individu isolé; le cœur groupe des centaines de fleurs tubuleuses et chaque « pétale » est une fleur ligulée.

D'autres astéracées ont des capitules tout en tube (fleurs tubuleuses) comme la camomille (*Matricaria pubescens*) ou les centaurées présentes au Chili (*Centaurea chilensis*).

► Une fois la notion « d'inflorescence » explicitée, jusqu'à la présentation d'inflorescences en ombelle comme pour l'aneth ou faux-anis (*Anethum graveolens*) ou d'inflorescences en cyme comme pour le laurier rose (*Nerium oleander*), les élèves classent les inflorescences par couleur à partir des spécimens collectés et ajoutent de nouvelles couleurs à leur palette initiale: l'orange du souci, le rose du laurier, le blanc-crème du myrte (*Myrtus communis*).

► À nouveau divisés en groupes et munis de peinture, les élèves représentent les inflorescences par leur couleur.

• Pour les esquisses peintes sur papier, ils procèdent par touches allongées pour les épis et par touches plus dirigées pour les grappes.

Ainsi pour les grappes des fabacées (nombreuses en zones sèches), ils apprennent à représenter par la touche la couronne « papilionacée » des inflorescences: le port dressé de l'étendard (pétale supérieur de chaque fleur), la carène qui avance (pétales inférieurs) et les deux pétales latéraux comme des ailes ouvertes de papillon.

En quelques touches de couleur bien placées, de face et de profil, les inflorescences, pièce par pièce, recomposent la grappe!

• Pour les impressions et les empreintes directes de végétaux, les inflorescences (épis, grappes, capitules) sont enduites de peinture et imprimées, produisant des effets de relief intéressants sur le papier.

► Après avoir pratiqué des essais préalables sur papier, les élèves réalisent des planches d'esquisses et des planches d'empreintes classées par couleur.

Le format des planches permet d'intensifier le travail chromatique: les représentations de fleurs simples et de fleurs composées (inflorescences) se côtoient sur la même planche et des nuances de teintes apparaissent au sein d'une même couleur.

Exemple:

Sur la planche « orange » d'une classe mexicaine, on pourra contempler des tons de orange différents entre l'épi de l'ocotillo (*Fouquieria splendens*), des fleurs de cactées comme *Opuntia ficus-indica* et la fleur du pavot de Californie (*Eschscholzia californica*).

► Les élèves peuvent, s'ils le souhaitent, rajouter les tiges et les feuillages au pinceau.

Au final, ils identifient la fleur et à fortiori la plante par son appartenance à une couleur.

► L'enseignant clôt l'activité en rappelant le rôle majeur des angiospermes dans les écosystèmes arides.



5. Prendre conscience de l'importance des plantes à fleurs dans le maintien de la couverture végétale

► Le professeur situe d'abord les étapes de pollinisation et de fécondation dans le processus du cycle reproductif des espèces:

Les plantes à fleurs ont pour rôle de produire des graines et d'assurer la reproduction sexuée. Pour produire une graine, il faut un grain de pollen et un ovule de la même espèce; par exemple, seul un grain de pollen de pavot épineux peut féconder un ovule de pavot épineux. Il faut donc que des grains de pollen soient transportés depuis une étamine jusqu'à un pistil: c'est la pollinisation.

► Le professeur interroge la classe au sujet des agents pollinisateurs et poursuit:

- Certaines fleurs se pollinisent elles-mêmes: le pollen tombe directement des étamines sur un pistil (fleur hermaphrodite).

- Mais le plus souvent, le pollen nécessaire provient d'une autre fleur.

Les élèves ont pu vérifier combien la plupart des fleurs attirent les animaux pollinisateurs par leur coloration, leur forme et leur odeur. Des pétales colorés signalent la présence de nourriture et offrent souvent, du fait de la grosseur des fleurs, une plate-forme où se poser aisément.

Des motifs de lignes et de taches guident même parfois le visiteur vers les réserves de pollen.

- Ainsi, les agents pollinisateurs les plus importants sont les insectes, particulièrement les abeilles dont dépendent la plupart des récoltes de fruits et de légumes des populations.

- Les oiseaux jouent également un rôle pollinisateur tout comme certains mammifères.

Parmi les «pensionnaires» du *saguaro* (*Carnegiea gigantea*), les oiseaux-mouches ou colibris (*Archilochus alexandri* et *Archilochus colubris*) jouent un rôle clé dans la pollinisation de ses magnifiques fleurs rouges ou blanches.

13. Exemple de Fabacées, désert d'Atacama, Chili, 2006
©UNESCO/Olivier Brestin

15. *Lupinus tassilicus* (Fabacées), Tassili N'Ajjer, Algérie, 1985
©Michel Le Berre

14. *Sturt Desert Pea* (Fabacées), Territoire du Nord, Australie, 2001
©Olivier Brestin

16. *Astragale* (Fabacées), région de Cappadoce, Turquie, 1989
©Michel Le Berre



13

14

15

16



17. Colibri ou oiseau-mouche
pollinisant un *saguaro*, Mexique, 2006
©UNESCO/Olivier Brestin

De même, les fleurs du baobab (*Adansonia digitata*) sont pollinisées par les chauves-souris nectarivores (*Eidolon helvum*).

Les plantes pollinisées par ces espèces animales offrent des surfaces rigides et plates où les animaux peuvent se poser.

- Le vent, enfin est un agent pollinisateur de plantes à fleurs comme les graminées (blé) ou le chêne vert en Afrique du Nord.

Pollinisées par le vent, ces plantes ne sont pas dotées de fleurs susceptibles d'attirer les insectes ; leurs fleurs sont plus modestes, moins voyantes.

► Le professeur précise ensuite : pour qu'il y ait production de graine, la pollinisation doit être suivie de la fécondation des ovules.

Il explique que chez les plantes à fleurs, les ovules sont enfermés dans l'ovaire.

Lorsqu'un grain de pollen tombe sur un stigmate réceptif, il se forme un tube pollinique qui descend dans l'ovaire pour atteindre un ovule. Celui-ci est fécondé et se transforme en graine.

Les graines sont ensuite disséminées afin d'assurer la reproduction des espèces.

► Le professeur conclut en expliquant que la production de graines issues de fleurs est essentielle à la constitution de la couverture végétale en terres sèches.

- La reproduction par graines conditionne la vie des plantes sauvages, celles qui poussent spontanément à l'état naturel (sans l'aide de la main de l'homme). Or, ces plantes sont précieuses dans les écosystèmes secs où le couvert végétal est fragile et clairsemé, car elles participent activement au maintien et au développement de la végétation et à la stabilisation des sols, préservant ainsi l'équilibre des écosystèmes.

- C'est grâce aux fleurs, aux graines qu'elle produit, qu'une plante assure sa pérennité :

Quand elle germe, fleurit, donne des graines et meurt en une seule saison, on parle de **plante annuelle**. Quand elle fleurit et fructifie chaque année, on parle de **plante vivace**.

C'est grâce aux fleurs que certaines espèces assurent leur survie à l'état de graines enfouies dans le sol les années sans pluie. C'est ainsi qu'elles demeurent prêtes à germer dès la saison suivante ou une fois la pluie revenue.

Exemple :

Les plantes éphémères comme *Levenhookia sp.* dans le désert australien.

Les plantes à fleurs assurent non seulement le maintien mais la longévité et la pérennité de la couverture végétale.

02

Forme et dessin : l'anatomie des végétaux

Niveau 
simple

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
2 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Sensibiliser à l'anatomie et au « port » des végétaux, notamment des arbres, grâce à un travail d'observation de loin, puis de près, largement relayé par le dessin.

2. Connaissances et compréhension

Par l'identification des végétaux à distance et l'étude de leur forme et croissance, les élèves saisissent l'impact d'éléments extérieurs sur le port des arbres et arbustes et comprennent le rôle essentiel joué par la couverture végétale, des feuillus en particulier, dans les écosystèmes secs.

Déroulement

1. Saisir l'architecture et le port des végétaux par l'observation à distance

- ▶ Le professeur invite la classe à observer les plantes dans leur globalité. Il conseille aux élèves de concentrer leur attention sur les arbres et les arbustes présents dans l'environnement.
- ▶ La classe s'interroge :
 - Comment l'arbre se construit-il dans sa globalité ?
 - Quelle est son architecture ?
 - Le tronc et les branches sont-ils perceptibles ?
 - Ne jouent-ils pas le rôle de charpente, tels des colonnes et des linteaux ?
- ▶ Les élèves observent comment chaque arbre – on se concentre en priorité sur les feuillus – adopte un port particulier, développe une forme caractéristique, en fonction du nombre et de la grosseur des branches et de l'angle qu'elles font avec le tronc. À partir de cette armature de base, se développe un réseau de branches plus petites se terminant par des rameaux. Le houppier des feuilles vient se distribuer sur l'ensemble de la construction quand l'arbre porte des feuilles.
- ▶ Les élèves repèrent le port d'un arbre en fonction du tronc et des branches maîtresses et réalisent des croquis. Y-a-t-il un port caractéristique de chaque espèce ?
- ▶ Pour cet exercice qui vise à maîtriser l'identification à distance de l'arbre, l'enseignant fait appel aux savoirs pragmatiques dont disposent les habitants de la région, les anciens de la communauté. Les élèves mènent l'enquête :
 - Sur quels critères les autochtones identifient-ils telle ou telle plante à distance ? Des arbres ou arbustes vers lesquels ils peuvent marcher, sur de longues distances, pour récolter les fruits ou trouver du fourrage pour le bétail.
 - Dans les pays arabes et en Afrique, parvient-on à distinguer les différentes espèces d'acacias : *Acacia tortilis*, *Acacia raddiana*, *Acacia nilotica*, *Acacia senegal* (cf. croquis p.72-73) ? Comment distingue-t-on les épineux : un acacia d'un arganier (*Argania spinosa*) ?



18. *Acacia tortilis*, Tassili N'Ajjer, Algérie, 2002

©Oliver Brestin

- Comment différencie-t-on un tamarinier (*Tamarindus indica*) d'un arbre de karité (*Vitellaria paradoxa*) dans le Sahel ?
- Quelle identification possible des différents arbustes en Amérique du Sud entre les buissons à créosote (*Larrea divaricata*, *Larrea tridentata*), les différentes variétés de *Prosopis* (*Prosopis chilensis*, *Prosopis pubescens*) ?

► Les élèves multiplient les croquis: ils « réveillent » la ligne par leurs dessins; le contour auquel ils parviennent n'est pas une limite projetée plus ou moins intellectuellement, mais le résultat d'un jeu de forces internes.

Ils saisissent l'énergie de l'arbre, son élévation, sa puissance comme celle du baobab typique de la région sahélienne: *Adansonia digitata*, qui croît en hauteur et en largeur.

2. Intégrer quelques premières notions relatives à la croissance des végétaux

► Le professeur rappelle l'importance des longues racines ligneuses des arbres et des arbustes qui permettent de fixer leur tronc dans le sol.

- La plupart des arbres ont deux réseaux de transport: l'un pour l'eau appelé le xylème, l'autre pour la nourriture appelé le phloème.

- Les racines puisent, « aspirent », l'eau et les sels minéraux dans le sol.

- La traction vers le haut, par le tronc, provient de l'évaporation par les feuilles qui fait monter une colonne d'eau tout au long de l'arbre, comme une pompe.

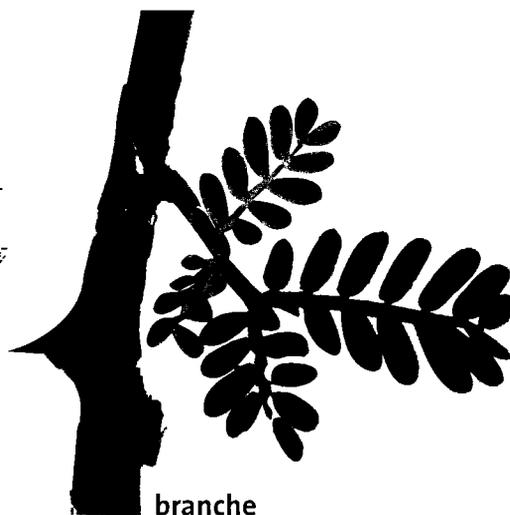
Dans une large mesure, la forme globale de l'arbre est déterminée par son système de « tuyaux » comme la forme d'une feuille est déterminée par le réseau de ses nervures.

Le peintre suisse Paul Klee l'a largement observé dans ses esquisses pédagogiques de 1926: « La forme plane qui émerge dépend des lignes imbriquées. Et là où finit le pouvoir de la ligne, le contour, la limite de la forme plane apparaît ».

Acacia tortilis



arbre



branche

Acacia seyal

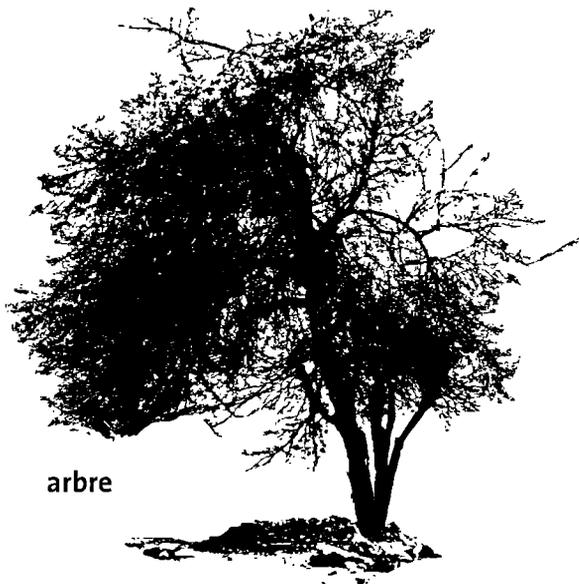


arbre

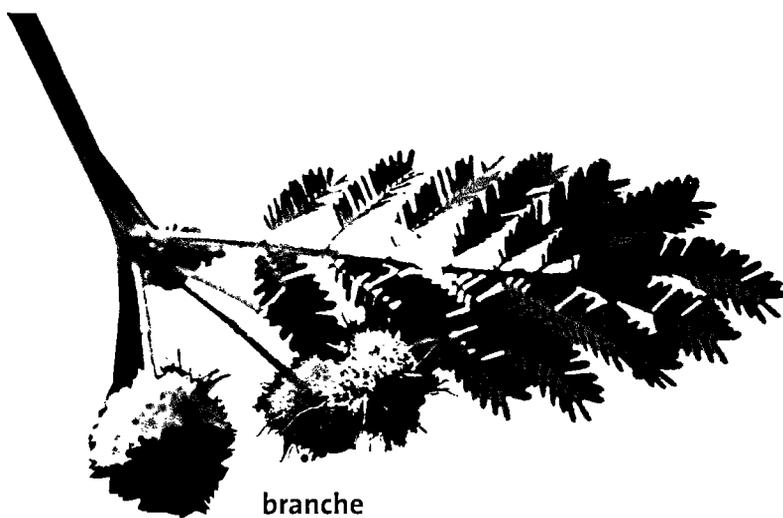


branche

Acacia nilotica



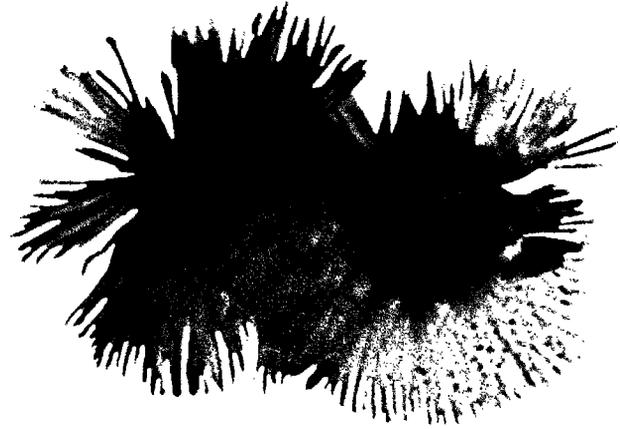
arbre



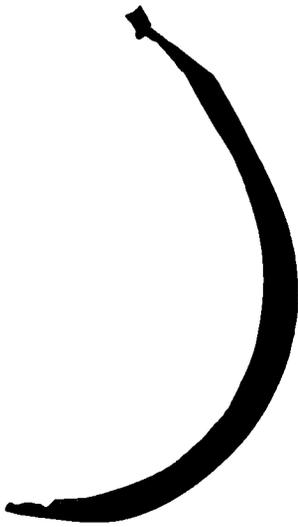
branche



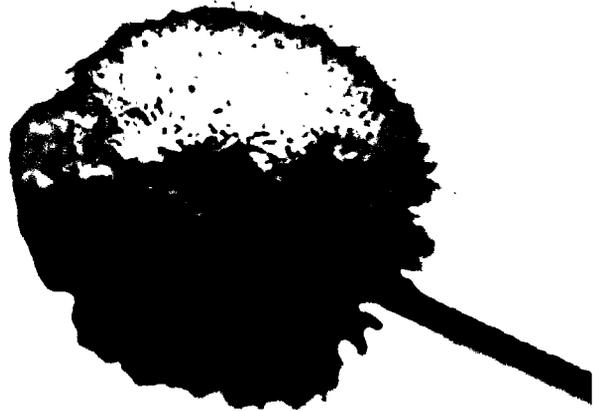
gousse



fleur



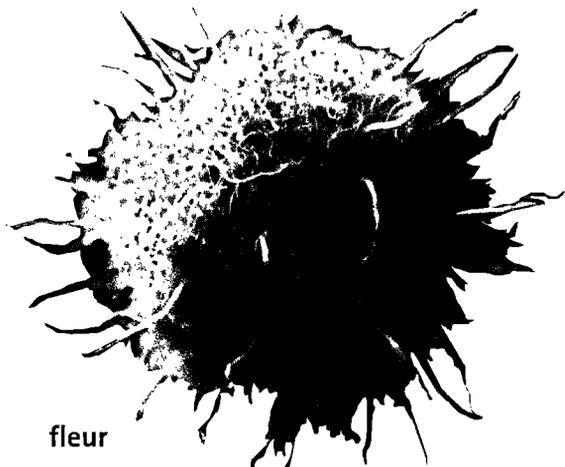
gousse



fleur



gousse



fleur

3. Saisir la géométrie à l'œuvre dans la nature grâce à l'observation de près

► Après l'étude de la forme des arbres, les élèves se concentrent sur les feuilles et repèrent la relation existant entre la forme globale et les lignes imbriquées.

► Concentrés sur l'étude morphologique de la feuille, les élèves repèrent et dessinent la forme du limbe et le pétiole des feuilles.

Ils observent également les nervures qui divisent la feuille en cellules macroscopiques ayant chacune leur irrigation.

À supposer que l'école dispose d'une loupe binoculaire... l'observation est une fête pour les yeux!

► Les élèves distinguent et dessinent deux grands types de feuilles :

- Les feuilles simples comme celles du chêne vert, du figuier (*Ficus platyphylla*) ou de l'olivier (*Olea europaea*);
- Les feuilles composées de l'acacia (*Acacia raddiana*, *Acacia nilotica*) qui sont composées de plusieurs folioles.

► Ils repèrent ensuite la disposition des feuilles sur la tige et mesurent l'ordre et la précision de cet arrangement selon les espèces.

Ils distinguent ainsi :

- La disposition des feuilles de part et d'autre de la tige de façon alternée : on parle de feuilles *alternes*, une feuille par niveau sur la tige comme pour le chêne vert ou le figuier. On peut parler des folioles *alternes* d'une palme de dattier-fruitier (*Phoenix dactylifera*);
- La disposition de feuilles *opposées* : deux feuilles face à face à chaque niveau comme celles du myrte (*Myrtus communis*).
- La disposition des feuilles *verticillées* : trois feuilles ou plus par niveau comme celles du laurier rose (*Nerium oleander*).

19

21

20

19. Feuilles simples d'olivier (*Olea europaea*), opposées sur la tige.

20. Feuilles composées d'acacia (*Acacia raddiana*), à partir de plusieurs folioles.

21. Feuilles simples du figuier (*Ficus platyphylla*), alternes sur la tige.



22. Allée de baobabs (*Adansonia digitata*),
île de Gorée, Sénégal, 2004
©Michel Le Berre

► Les croquis et les dessins permettent aux élèves de préciser que le même arrangement des feuilles sur la tige et la même distance entre les feuilles (**phyllotaxie**) prévalent à l'organisation de tous les rameaux d'un arbre ou d'une plante. Ils constatent que la phyllotaxie détermine la distribution des rameaux sur la branche et la distribution des branches sur le tronc.

Exemple :

Le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) n'est pas un arbre mais une plante arborescente (**monocotylédone**). La disposition des folioles alternes qui composent ses palmes se retrouve dans la disposition des palmes elles-mêmes qui, latéralement, poussent en spirales autour du stipe.

► L'enseignant introduit un temps d'observation pour laisser les élèves apprécier l'ordonnement et la géométrie qui commandent la croissance des plantes.

► Il invite enfin la classe à examiner les facteurs qui peuvent détourner un arbre ou un arbuste de sa croissance naturelle :

- Quelles sont les raisons pour lesquelles un arbre semble irrégulier ?
- Certaines parties n'ont-elles pu se développer complètement par manque de ressources nécessaires en eau ou en lumière ?
- D'autres parties se sont-elles développées d'une façon tordue en réponse au soleil, à l'ombre, au vent ?

4. S'interroger sur le rôle des éléments extérieurs sur le port du végétal

► Le professeur rappelle que la forme d'une plante est programmée d'avance: il s'agit de son programme génétique.

Certains facteurs peuvent cependant « détourner » ce programme.

La classe est amenée à retenir trois facteurs:

A. L'effet du vent

Un arbre peut être « déjeté » par le vent rageur, surtout en zones arides. Ainsi, nombre de pins d'Alep ont un port « en drapeau » causé par le vent.

Le vent peut briser les bourgeons qui lui font face, de sorte que la croissance principale s'effectue du côté opposé.

B. L'effet de l'homme

- Il prélève le feuillage au hasard des plantes qu'il croise pour nourrir le bétail ou produire du bois de feu pour la cuisine. On peut suivre le passage de l'homme en observant l'aspect de certains arbres qu'il laisse derrière lui;

- Il prélève le feuillage régulièrement, avec délicatesse, ce qui peut amener les plantes à pousser plus vigoureusement;

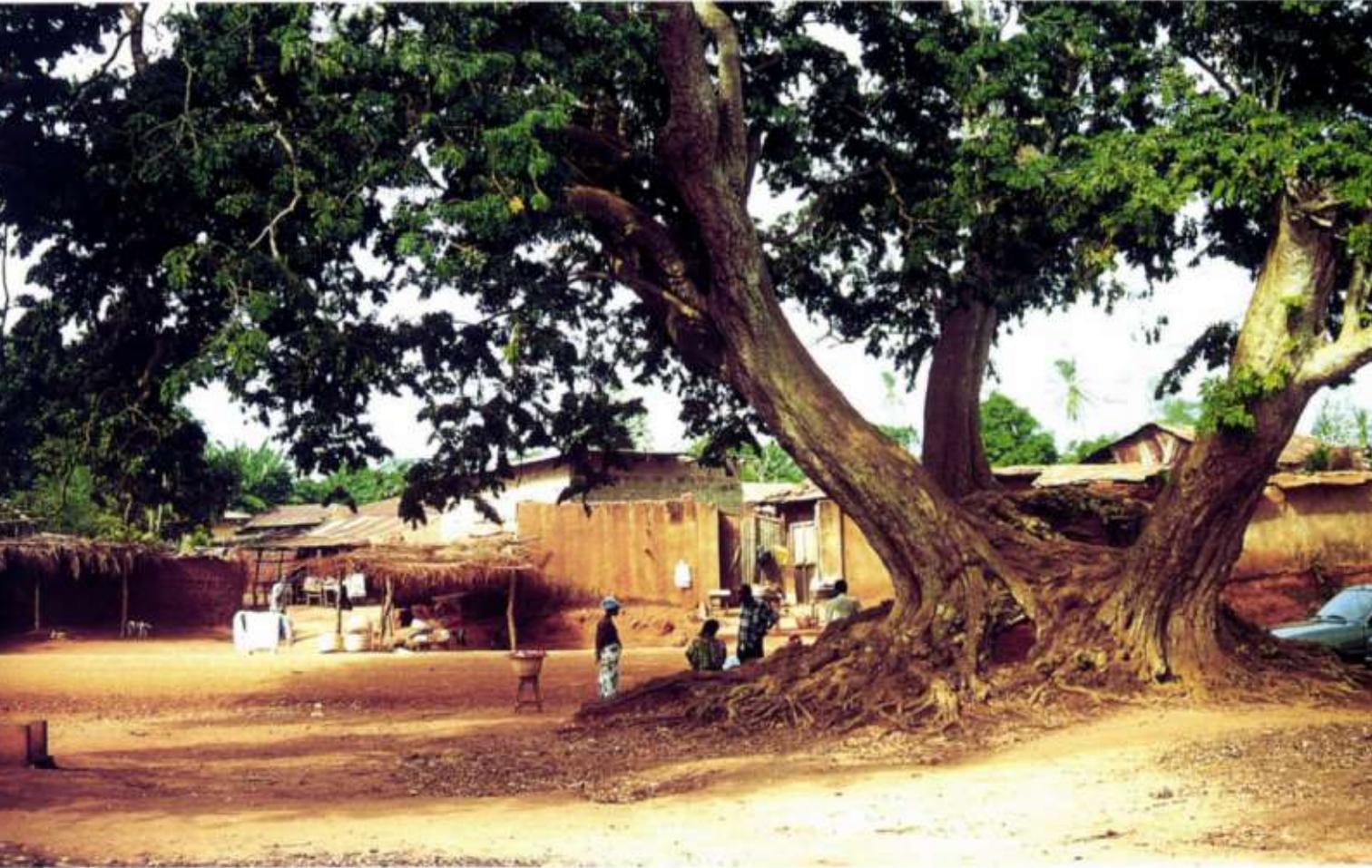
- Il prélève le feuillage trop souvent et intensément, ce qui conduit les plantes à dépérir et à mourir.



23. Cyprès déformé par l'érosion éolienne, *Tamrit*, Tassili N'Ajjer, Algérie, 2002
©Olivier Brestin



24. Arganier soumis à la pression des espèces animales herbivores, Maroc
©UNESCO-MAB



25. Arbre témoin d'érosion éolienne,
Bénin, 2002
© Michel Le Berre

C. L'effet des espèces animales herbivores

Le professeur rappelle qu'en zones très arides, la végétation est si pauvre que les herbivores sont forcés de paître directement sur les **plantes ligneuses**.

- À la saison sèche, les animaux s'attaquent aux feuillages persistants – **sempervirents** – et engloutissent le peu de matière végétale qu'ils constituent;
- Quand l'arbre a perdu ses feuilles, ils s'attaquent aux épines et aux branches ou encore aux jeunes pousses alors que la plante reconstitue son feuillage. On parle de **surpâturage** et d'impact néfaste sur la plante.

Le professeur enchaîne: quand l'action de l'homme et celle des herbivores se conjuguent et exercent une pression trop forte sur un arbre, sa capacité même à subsister est menacée. Or, toutes les plantes ligneuses jouent un rôle précieux dans les régions sèches.

En détruisant un arbre, l'homme contribue à la dégradation des terres car il supprime l'ensemble des fonctions et bienfaits que l'arbre génère, surtout quand il est doté d'un houppier ou d'une couronne de feuilles:

- L'arbre crée un abri ombragé pour les hommes et les animaux; sous les « arbres à palabres », les anciens se consultent pour prendre une décision.
- Son houppier constitue un obstacle au vent et protège les cultures. Il remplit d'ailleurs mieux ce rôle s'il est taillé à cet effet.
- Une fois tombées sur le sol, les feuilles s'y décomposent et enrichissent le sol en matière organique.

(Pour voir en détail les fonctions écologiques remplies par les végétaux, notamment les arbres, se reporter à Chap.2, act.4 , p. 85).

03

«Vivre au sec» ou l'adaptation des plantes au désert

Niveau 
intermédiaire

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
3 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Découvrir les xérophytes – les plantes adaptées à la sécheresse – en associant ces plantes à des objets de la vie courante grâce à plusieurs séries de dessins comparatifs.

2. Connaissances et compréhension

Discerner et assimiler les principales caractéristiques et adaptations anatomiques, morphologiques, physiologiques et liées au climat des végétaux vivant dans les écosystèmes secs.

Déroulement

1. Repérer les plantes dites « xérophiles » (littéralement: « qui aiment le sec »)

- ▶ Le professeur invite les élèves à se concentrer sur certaines plantes, caractéristiques des zones sèches, qui développent des formes en volume, remarquables par leurs tiges ou leurs feuilles épaissies (cactées, euphorbes cactiformes, agaves), leurs troncs ou branchages rebondis (*Aloe dichotoma*, *Pachypodium lamerei*), leurs tiges renflées et leurs troncs surdimensionnés (baobabs).
- ▶ Il rappelle qu'au fil du temps, ces végétaux se sont adaptés à la sécheresse en constituant des réserves d'eau dans leurs organes spécifiques, ce qui explique leurs formes en volume.

2. Associer les plantes à des objets à travers le dessin

- ▶ Les élèves poursuivent l'étude des xérophytes en recherchant les associations possibles entre l'aspect anatomique de ces végétaux et des objets de la vie courante.
- ▶ Dans chaque cas, ils produisent des dessins comparatifs entre la plante et l'objet qui lui est associé.

Exemple:

Baobab (*Adansonia digitata*) / bouteille.

Le baobab, à travers ses différentes espèces est souvent surnommé « arbre bouteille ». Sa couronne est petite en comparaison d'un tronc souvent massif; ses racines s'enfoncent profondément et lui permettent de puiser l'eau, qu'il garde en son tronc, comme une bouteille garde son contenu.

Autres exemples possibles:

Saguaro (*Carnegiea gigantea*) / cierge ou cigare;

Pachypodium (*Pachypodium namaquanum*) / massue;

Cactus candélabre (*Browningia candelabris*) / candélabre;

Tiges du figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) / raquettes;

Cactus hémisphériques comme *Echinocactus grusonii* / coussin;

Cactus *Ferocactus cylindraceus* / tonneau;

Feuille d'agave (*Agave americana*) / lame de coutelas.



26. Cactus candélabre devant maisonnette, région de *Batopilas*, Mexique, 2006
©UNESCO, Olivier Brestin

27 et 28. Euphorbe cactiforme, Zimbabwe (détails), 1995
©Michel Le Berre

29. Euphorbe arborescente, Zimbabwe, 1995
©Michel Le Berre

30. Cactus isolé, région de *Batopilas*, Mexique, 2006
©UNESCO, Olivier Brestin

31. Groupe de cactées, *Tenerife*, îles Canaries, Espagne, 2004
©Michel Le Berre



L'exercice met l'accent sur l'épaisseur et la contenance des organes spécifiques des végétaux.

► Le professeur éclaire ainsi la notion de succulence ou d'accumulation d'eau, son stockage dans les organes de réserve qu'ils soient feuilles, tiges, troncs ou même racines et tubercules, selon les plantes.

La succulence est une des adaptations physiologiques élaborées par les végétaux pour faire face au manque d'eau dans les écosystèmes secs. Il en existe d'autres.

3. Situer les xérophytes dans le contexte de la couverture végétale

La capacité des végétaux à lutter contre la perte d'eau et la transpiration est extraordinaire! Elle engendre des adaptations que l'enseignant va mettre en valeur.

► Auparavant, il rappelle certaines caractéristiques générales des plantes et leur rôle primordial en terres sèches :

- Sans les végétaux, il n'y aurait presque pas de vie sur Terre;
- Ils libèrent dans l'air l'oxygène que nous respirons;
- Comme nous, les plantes respirent et transpirent;
- La **transpiration** rafraîchit l'air de plusieurs degrés. Aussi est-il primordial de préserver la couverture végétale dans les écosystèmes secs car les plantes contribuent localement (microclimats) à réguler la sécheresse et la chaleur de l'atmosphère.
- La plupart des végétaux sont enracinés dans le sol et captent l'énergie solaire pour fabriquer leur nourriture en absorbant de l'eau par leurs racines et du gaz carbonique de l'air.
- Par les feuilles et les tiges, les végétaux fabriquent des sucres simples à partir de l'eau et du gaz carbonique en utilisant l'énergie lumineuse émise par le soleil (photons), grâce à un pigment vert: la **chlorophylle**. Cette réaction chimique s'appelle la **photosynthèse**.

Au cours de la photosynthèse, les végétaux rejettent également de l'oxygène comme sous-produit.

- En absorbant les sucres fabriqués pour leur propre nourriture, les plantes produisent leur matière végétale qui sert ensuite de nourriture à d'autres organismes vivants (herbivores).
- Le maintien de la vie dans les écosystèmes secs est largement dépendant d'une couverture végétale, même clairsemée, qui est à la base de la chaîne alimentaire. (Pour voir en détail les fonctions écologiques remplies par les végétaux, notamment les arbres, et « l'écosystème » constitué par l'arbre lui-même, se reporter à l'activité ultérieure: Chap. 2, act. 4, p. 85).

► Une fois les notions de photosynthèse et de transpiration introduites, le professeur évoque les adaptations propres aux xérophytes afin de contrôler les pertes d'eau par la transpiration, et d'éviter le dessèchement.

La transpiration est activée par l'air sec: l'eau, aspirée dans le sol par les racines et pompée par le tronc, monte jusqu'aux feuilles où elle est évaporée par les pores permettant la transpiration – les **stomates**.

C'est aussi par les stomates que se fait l'assimilation chlorophyllienne.

Afin de limiter les pertes d'eau par la transpiration, et de réduire l'intensité de la photosynthèse (qui requiert aussi un fort flux d'eau), les plantes se sont adaptées de plusieurs façons.

4. Intégrer les principales adaptations anatomiques et physiologiques des xérophytes

► Le professeur illustre les points suivants :

- Les plantes ont réduit leurs surfaces foliaires; les feuilles des plantes des déserts sont souvent petites, épaisses et coriaces, ce qui résulte en une moindre surface d'évaporation.

Exemples:

Les feuilles de l'arganier (*Argania spinosa*) ou du jojoba (*Simmondsia chinensis*).

Cela peut aller jusqu'à l'absence de feuilles.



32. Cactus chandeliers (*cardones*) et herbe de la pampa (*Cortaderia selloana*), région de San Pedro de Atacama, Chili, 2006
© UNESCO/Olivier Brestin

- Les tiges peuvent alors réaliser la photosynthèse et fabriquer la nourriture à la place des feuilles, comme pour toutes les cactées.
- Les stomates sont enfoncés de façon à réduire les possibilités de transpiration.
- Les surfaces sont épaisses et dures ; on a pu observer la cuticule coriace des feuilles, on peut observer un revêtement cireux des tiges des cactées qui concourt également à limiter la transpiration.
- Autre trait remarquable de l'anatomie de ces végétaux xérophiles : les feuilles sont souvent transformées en épines pour réduire également la déperdition d'eau.

Les épines des cactées sont des feuilles modifiées, réduites à des aiguillons, qui constituent un compromis entre la surface nécessaire à l'assimilation chlorophyllienne et la réduction de la surface d'évaporation d'une feuille.

La transformation des feuilles en épines n'est pas réservée aux cactées originaires du continent américain. En Afrique, les euphorbes ont développé des stratégies similaires pour faire face à la sécheresse de leur environnement. On parle, dans ce cas, de convergence d'évolution entre les espèces (cf. Chap 1, act. 5, p. 41).

► Le professeur rappelle :

De façon générale, la végétation des écosystèmes secs est à dominance d'épineux. Beaucoup de plantes ligneuses adoptent des épines, en complément de petites feuilles, pour lutter contre la sécheresse et également, pour rebuter les herbivores (ce qui n'empêche pas ceux-ci de brouter).

Exemples :

Le professeur peut citer les « dards acérés » du savonier ou dattier du désert (*Balanites aegyptiaca*) jusqu'à 7 cm de long!, les robustes épines de l'arganier (*Argania spinosa*), des acacias (*Acacia nilotica*, *Acacia raddiana*), du balsamier ou baumier (*Commiphora myrrha*).

5. Réintroduire le dessin et l'association d'objets autour des épineux

► Selon les régions du monde et les plantes évoquées, le professeur insiste sur la diversité des épines : courtes et fortes, fines et raides tels des aiguillons (*saguaro*), incurvées, en crochet, barbelées ou duveteuses.

► Il lance l'initiative d'une nouvelle série de dessins autour des épineux.

Les élèves amorcent leurs croquis en observant directement les épines dans la nature.

► Ils réalisent des gros plans sur les rameaux, sur les fruits en forme d'éperons, recherchent le détail de l'épine à chaque fois différent.



33. Détail de cactus chandelier (*cardones*), Chili, 2006

©UNESCO/Olivier Brestin



34. Détail d'une cactée, région de *Batopilas*, Mexique, 2006

©UNESCO/Olivier Brestin



35. Détail d'une euphorbe cactiforme (*Euphorbia echinus*), Maroc, 1989

©Michel Le Berre

À la variété des épines, correspond la diversité des ports « hérissés » des végétaux.

► Dans leur culture respective, les élèves repèrent la variété de surnoms populaires attribués aux épineux: « pelote d'épingle », « hérisson », « porc-épic » ou « hameçon ».

Là aussi l'association avec des objets ou des espèces animales s'impose.

► Les élèves se lancent dans une série de dessins comparatifs tous plus amusants et éloquentes les uns que les autres!

► Pour compléter leurs dessins, les élèves recherchent des expressions ou adages du langage commun (du pays, de la région, de la communauté) qui font directement référence aux arbres ou arbustes épineux ou aux cactées (en Amérique), à leur aspect physique, et aux associations et métaphores qu'ils engendrent.

6. Discerner d'autres adaptations morphologiques, physiologiques et liées au climat des plantes xérophiles

► Le professeur souligne le développement morphologique particulier des racines, avant tout dirigées vers la recherche d'eau.

Les végétaux optimisent l'absorption d'eau, soit en étendant leurs racines horizontalement, juste en dessous de la surface du sol, comme les plantes buissonnantes parfois partiellement déchaussées, telle *Zilla spinosa* en Arabie, soit en développant des racines pivotantes qui s'enfoncent verticalement dans le sol jusqu'à la nappe phréatique comme les acacias des oueds (*Acacia raddiana*) qui peuvent chercher l'eau jusqu'à 35 m de profondeur.

► Parmi les adaptations physiologiques, le professeur souligne le contrôle exercé par les plantes, en tant qu'organismes, sur leurs propres flux internes d'eau et de substances nutritives.

Lorsque l'alimentation en eau est insuffisante, les stomates se ferment et bloquent la transpiration. De même si le stress thermique et l'insolation sont trop forts, les stomates se ferment et l'assimilation chlorophyllienne peut fléchir au milieu du jour, ralentissant de ce fait la croissance de la plante.

Exemple:

C'est le cas du myrte (*Myrtus communis*), présent tout autour du bassin méditerranéen et jusqu'en Mauritanie.

► Enfin, l'enseignant mentionne d'autres adaptations des plantes xérophiles liées au climat qui font coïncider la période de végétation active avec les conditions climatiques favorables.



36. Moineaux blancs (*Passer simplex*)
sur *Balanites aegyptiaca*, Niger, 1990
©Michel Le Berre



37. *Merua crassifolia* en fleurs,
Tassili N'Ajjer, Algérie, 1986
©Michel Le Berre



38. Épines de *Prosopis tamarugo*,
désert d'Atacama, Chili, 2006
©UNESCO/Olivier Brestin

► Il présente les différents cas :

- Certains arbres ou arbustes perdent leurs feuilles au début de la saison sèche pour éviter une perte d'eau excessive comme les aloès arborescents de la plaine côtière du Namib ou comme *Acacia mellifera*, une espèce d'acacia.
- D'autres plantes développent des feuilles en hiver et des épines en été comme le genêt méditerranéen (*Calycotome villosus*) ou alternent entre feuilles et épines, selon les conditions climatiques, comme les épineux de la région sahélienne parmi lesquels la jujube tropicale ou pomme surette (*Ziziphus mauritania*).
- L'acacia albida (*Faidherbia albida*) est précieux car c'est une espèce qui fonctionne à contre-temps : l'arbre garde ses feuilles à la saison sèche pour les perdre plus tard avec la pluie, fournissant ainsi du fourrage et des denrées hautement nutritives pendant la sécheresse.

► Le professeur attire l'attention des élèves sur l'état de vie ralentie ou état de dormance dans lequel peuvent demeurer certaines espèces pour éviter la sécheresse :

- Les géophytes (du grec *geos*: la terre), comme les tulipes ou les oignons sauvages, subsistent à l'état de bulbes dans la terre grâce à l'eau stockée dans leurs organes de réserve (bulbes, tubercules ou rhizomes), pendant les années sans pluie.
- D'autres subsistent à l'état de graines entre deux averses : c'est le cas des plantes éphémères ou pluvio-thérophytes qui, dès qu'il pleut, germent très rapidement et développent leurs premières inflorescences en quelques jours, transformant une étendue désertique en champ fleuri, comme avec les petites fleurs jaunes de *Koelipinia linearis* en Algérie.

7. Réaliser une dernière série de dessins comparatifs intégrant l'idée de cycle

- Face à l'extrême diversité de réponses des plantes à la sécheresse, le professeur induit une nouvelle série de dessins captant les adaptations des xérophytes tout au long de leur cycle : cycle des saisons ou des changements saisonniers, cycle reproductif des plantes.
- Les élèves produisent leurs dessins durant plusieurs séances, au moment d'un changement des conditions climatiques ou à la fin d'une saison (fin de la saison des pluies, fin de la saison sèche).
- Ils distinguent par leurs dessins un avant d'un après.
Leurs dessins valorisent l'adaptation des plantes à la sécheresse, leurs stratégies de conservation de l'eau, leur croissance en dépit des contraintes.

Exemples:

N°1:

Arbre après la pluie/ arbre par temps sec,
Arbre avec feuillage/ arbre sans feuillage,
Aplat coloré du feuillage/ nudité et graphisme du trait.

N°2:

Arbuste à la saison des pluies/ arbuste à la saison sèche,
Arbuste couvert de feuilles/ arbuste couvert d'épines,
Matière et couleur/ graphisme du port « hérissé » d'épines.

N°3:

Cactée après la pluie/ cactée par temps sec,
Cactus rebondi, saturé d'eau/ cactus ratatiné, affaissé
d'un côté (cactus-tonneau),
Tige dilatée, plis qui disparaissent/ tige plissée
en accordéon (*saguaro*).

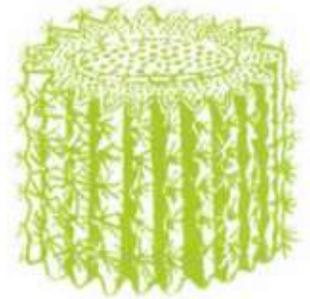
N°4:

Tige plutôt nue d'une jeune pousse de cactée/ tige hérissée
d'épines d'une plante développée,
Surface plutôt lisse, couleur/ surface chargée de détails, dessin.

N°5:

Éphémérophytes par temps sec/ éphémérophytes
après la pluie,
Couverture végétale absente/ couverture végétale présente,
Minéralité/ végétation,
Couleurs plutôt ternes/ couleurs vives.

Tige de cactée avant et après la pluie



40

41

40. Fleur de *Miqueliopuntia miquelii*,
région de *Huasco*, Chili, 2006
© UNESCO/Olivier Brestin

39. Cactus, région de *Batopilas*,
Mexique, 2006
© UNESCO/Olivier Brestin

41. Cactus colonne, Parc National
de *Pan de Azucar*, Chili, 2006
© UNESCO/Olivier Brestin

04 L'écosystème de l'arbre

Niveau ★ ★
intermédiaire

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
5 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

À travers la réalisation d'une fresque murale, verticale, quasi « grandeur nature » de l'arbre, les élèves découvrent l'ensemble des fonctions écologiques assurées par l'arbre dans l'écosystème et identifient les organismes animaux et végétaux qui l'utilisent en tant qu'habitat (abri et nourriture).

2. Connaissances et compréhension

Par l'étude détaillée de l'arbre, les élèves saisissent la synergie entre milieu –ou habitat– et organismes vivants. Ils situent mieux la position centrale des plantes ligneuses, constituant elles-mêmes des écosystèmes, dans les écosystèmes des régions arides.

Déroulement

1. Dessiner la figure générale d'un arbre

► Les élèves vont réaliser une fresque « monumentale », occupant un pan de mur entier, et représentant un arbre, des racines jusqu'au sommet.

La fresque est élaborée dans le détail, partie après partie, suite à un travail d'observation préalable, en une succession d'habitats verticaux (de la base au sommet), renseignant sur le rôle écologique actif de chacune des parties de la plante, sur les habitants qui y vivent et l'utilisent selon leurs besoins, à divers stades du cycle reproductif de la plante.

► Les élèves dessinent d'abord le schéma d'un arbre, prenant soin de généraliser la silhouette en l'épurant au maximum.

Il s'agit de garder l'arbre anonyme, à l'opposé de l'activité suivante *La plante mascotte* (cf. Chap. 2, p. 106), dont l'objectif est d'élire une espèce végétale particulière, de la totémiser quelque peu en en faisant une mascotte, et de célébrer ainsi les services qu'elle fournit dans la vie quotidienne de la population.

À ce stade du déroulement du chapitre, l'objectif d'une fresque générale de l'arbre permet de repérer les espèces arborées précieuses pour l'écosystème, celles qui présentent des « atouts » écologiques, occupent une position centrale dans le réseau des chaînes alimentaires et remplissent une fonction essentielle d'abri pour les espèces et la reproduction sexuée.

► Sur les conseils du professeur, les élèves réservent 60 cm au bas du mur pour représenter les racines et le sol souterrain. Le dessin de cette partie souterraine est condensé tout en donnant une indication des profondeurs réelles (de la nappe phréatique, des couches superficielles du sol, des racines...).

La silhouette générale de l'arbre permet à la classe de relier les parties qui le composent, selon un rapport de proportions.

2. Réaliser la fresque des racines et du sol autour de l'arbre

► Le professeur invite les élèves à découvrir les racines des plantes ligneuses dans la nature environnante.

Ils observent les racines éparses de plantes déchaussées, déracinées, d'arbres morts. Ils repèrent, dans les nœuds et les contorsions, des évocations de formes identifiables d'objets, d'animaux.

► Ils peuvent se mettre en quête de racines intéressantes afin d'en prolonger les évocations entraperçues : à l'aide d'instruments, ils retaillent, creusent, sculptent leurs fragments de racine et lissent ensuite la surface de leur sculpture.

Ils peuvent laisser parler leur imagination et inventer une histoire à partir des signes entraperçus dans les racines : les génies, les gnomes, les esprits habitent les arbres morts dans de nombreuses cultures.

► À ce sujet, les élèves recherchent les significations locales ou régionales rattachées aux racines. Quel usage d'ordre domestique, médicinal, symbolique, sacré en fait-on ?

Exemples :

En Afrique tropicale, les grosses branches du baobab (*Adansonia digitata*) sont assimilées à des racines, ce qui accrédite la croyance que l'arbre tire ses forces du ciel.

Autour du bassin méditerranéen, en Afrique du Nord en particulier, la racine fourchue de la mandragore (qui évoque une petite poupée) est encore utilisée comme talisman et dans la fabrication de potions diverses.

Ainsi, l'arbre tirerait sa puissance de ses racines enfouies, obscures, cachées ?

► Le professeur enchaîne :

En l'absence de racines, les végétaux terrestres se limiteraient à des formes réduites et modestes comme les mousses et les champignons.

Les plantes terrestres enracinées, comme les arbres, ne pourraient subsister sans les racines qui les soutiennent et absorbent l'eau du sol. Parmi les ressources physiques et biologiques nécessaires à la vie des plantes et des racines, les élèves repèrent le sol qui assure le solide ancrage dont les arbres ont besoin pour se dresser et résister au vent, ainsi qu'au ruissellement de l'eau.

► Le professeur rappelle la fonction écologique correspondante assurée par les arbres et les racines dans les écosystèmes secs en particulier : les racines maintiennent les sols en place et les structurent par leurs divisions. Elles favorisent ainsi l'infiltration de l'eau, freinent le ruissellement et limitent l'érosion.

► Le professeur évoque ensuite l'eau dont l'arbre a besoin pour élaborer sa nourriture. Il explique comment les arbres des régions arides optimisent l'absorption d'eau, en enfonçant profondément leurs racines jusqu'à la nappe phréatique.

► Ces informations à l'appui, les élèves réalisent la fresque des racines en représentant le puissant système racinaire d'un arbre, selon leur région.

Exemples :

En Afrique saharienne, ils peuvent dessiner la grosse **racine pivot** d'un acacia commun comme *Acacia tortilis* ou *Acacia raddiana*, qui s'enfonce plus ou moins droite à des profondeurs étonnantes (jusqu'à 35m). La racine principale porte des racines latérales plus petites.

En zone sahélienne, ils peuvent dessiner l'arbre de karité (*Vitellaria paradoxa*), un arbre d'une hauteur moyenne (de 10 à 15m) au système racinaire très tortueux qui prévient bien de l'érosion.

En Amérique latine, dans les régions arides du sud de l'Asie comme en Inde, ils peuvent représenter le système racinaire **fasciculé**, étalé, aux nombreuses racines longues et profondes d'un prosopis (*Prosopis chilensis*), jusqu'à 15m.

Dans tous les cas, les systèmes racinaires sont représentés tronqués au bas de la fresque ; ils peuvent être montrés intégralement dans des fenêtres plus petites, dessinées à côté de la fresque, en parallèle.

La représentation de la nappe phréatique figure plus bas encore et clôt la fresque vers le bas.

Les indications respectives de profondeur sont données.



42

42. Baobabs (*Adansonia digitata*)
en saison sèche, Guinée centrale, 2000
©Michel Le Berre



43. Contreforts de fromagers
(*Ceiba pentandra*), Baro, Guinée, 2000
©Michel Le Berre

44. Racines d'arbre déterrées
sous l'effet de l'érosion fluviale,
rives de la Mékrou, Niger, 2004
©Michel Le Berre

45. Racines de *Ficus sp.*,
région du W, Niger, 2004
©Michel Le Berre



43

44



45

► Les élèves représentent l'infiltration progressive des eaux de ruissellement à partir du fût, jusqu'aux racines latérales, par des séries de flèches parallèles, progressant vers le bas. Sur le sol, autour du tronc, ils dessinent une couverture végétale enrichie. Celle-ci est favorisée et nourrie par la plus grande humidité du sol en ces endroits-là. La classe dessine librement plantes grasses et graminées.

Dans les écosystèmes secs, la remontée active de l'eau de profondeur est une fonction qui participe au développement global de l'écosystème. Elle est assurée par certaines espèces précieuses.

Exemple :

Acacia tortilis est capable de remonter près de 250 litres d'eau par nuit. La remontée active de l'eau de profondeur profite alors à toute la végétation située dans l'écosystème.

► Les élèves peuvent représenter ce phénomène connu sous le nom anglais de *hydraulic lift* : durant la nuit, alors que les stomates sont fermés, les arbres continuent d'absorber l'eau de profondeur ; celle-ci n'est plus perdue par évaporation et est redistribuée dans le sol, par les radicelles de surface.

► Le professeur éclaire le point suivant :

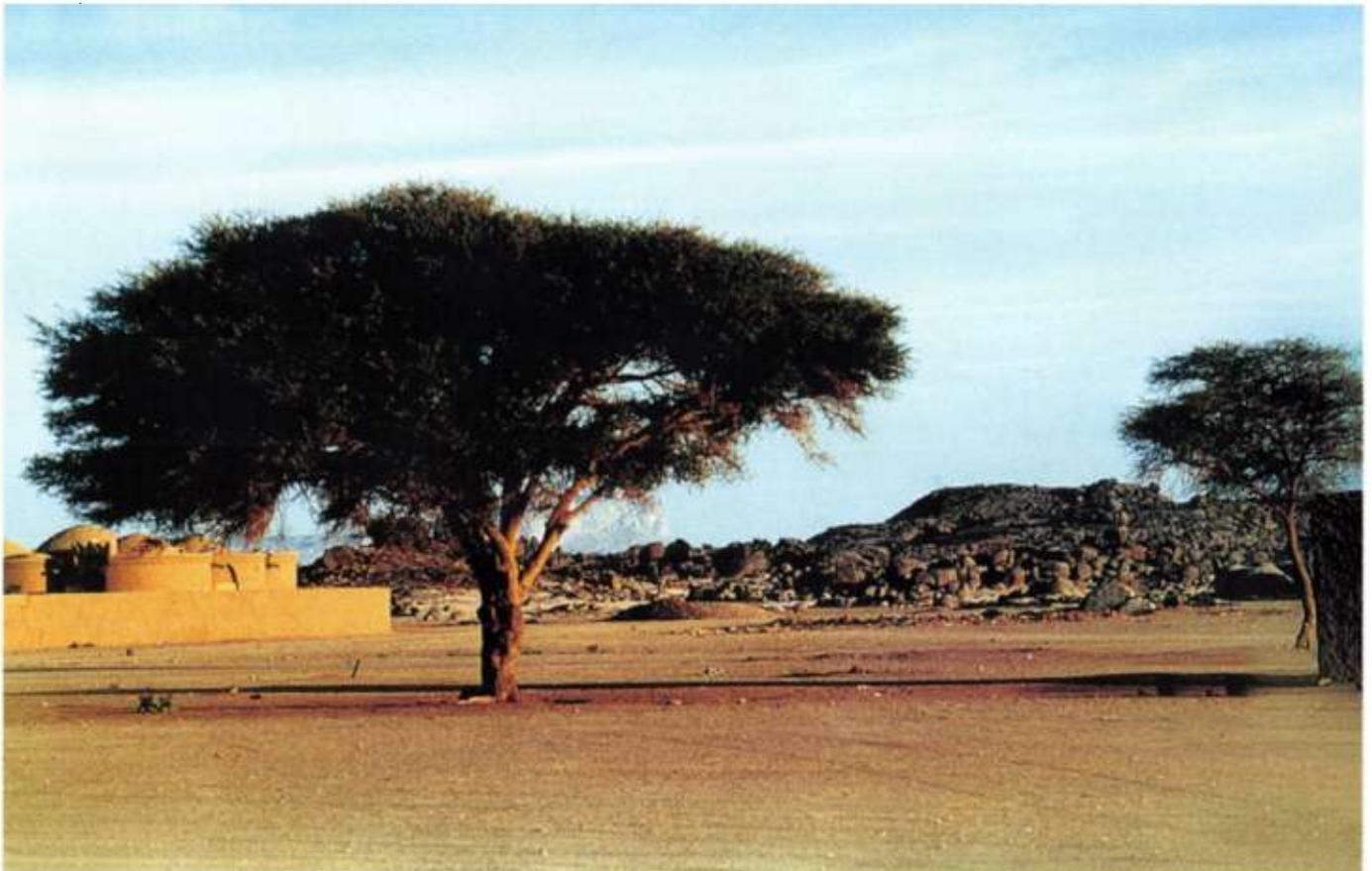
L'extrémité des racines latérales de l'arbre porte des radicelles, siège de l'absorption des éléments minéraux nutritifs (azote, phosphore, potassium, calcium, magnésium), dont l'arbre a besoin pour élaborer ses cellules.

Dans la terre, de minuscules poils absorbants captent l'eau et les sels minéraux qui passent par les radicelles, puis dans les racines principales, pour remonter vers le tronc par le xylème.

► Avant d'inviter la classe à représenter ce cycle, l'enseignant précise et illustre le cycle des nutriments à travers un exemple.

Par le récit des interventions animales, il nourrit sa présentation et relance la description.

46. *Acacia albida*,
Iférouane, Air, Niger, 2004
©Michel Le Berre





47. Villageois réunis à l'ombre d'un arbre à palabres,
ici *Acacia raddiana*
© UNESCO-MAB

Exemple:

Faidherbia albida ou *Acacia albida* est une plante légumineuse fixatrice d'azote.

Elle aide à promouvoir le cycle des nutriments de plusieurs façons:

1. Par la décomposition de sa litière (débris végétaux de l'arbre);

Chaque année les feuilles, fleurs, fruits, bois mort et écorce tombent sous l'arbre et s'y décomposent.

Les nombreux détritivores des régions arides qu'ils soient termites, fourmis, acariens ou ténébrions, se nourrissent de cette matière végétale morte (sèche ou décomposée par les pluies), de bois dépérissant et de champignons. Tout ce qui n'est pas consommé par les détritivores est décomposé par les micro-organismes – les décomposeurs – parmi lesquels les bactéries comme *Azotobacter*.

Ainsi assimilés ou réduits, les composés azotés de la **litière** de l'acacia finissent par pénétrer dans le sol et accroissent sa fertilité. La chute des feuilles de *Faidherbia albida* intervenant au début de la saison des pluies (à l'inverse de la plupart des arbres des régions arides), la litière est rapidement décomposée, et les éléments nutritifs incorporés au sol.

Ensuite, le puissant système racinaire de *Faidherbia albida* absorbe ces éléments minéraux nutritifs qu'il recycle et renvoie vers les parties aériennes de l'arbre, constituant sa nourriture. Le cycle des nutriments est en place! Des organismes animaux, comme les **iules** et les mille-pattes, sont alors de précieux auxiliaires des arbres car leurs galeries laissent pénétrer l'air jusqu'aux racines. Ils y enfouissent la matière végétale décomposée et en remuant le sol, rapportent vers les racines les substances minérales.

2. Par la remontée des éléments minéraux à la surface;

Le système racinaire de *Faidherbia albida* n'est pas seulement puissant, il est profond et permet de remonter en surface des éléments minéraux situés parfois très en profondeur.

Les racines fixent l'azote au moyen de bactéries fixatrices comme *Mycorrhiza*, situées dans les nodosités radiculaires de la plupart des légumineuses, et ramènent ainsi les minéraux vers la surface;

Elles peuvent aussi réinjecter ces éléments dans le sol par l'intermédiaire d'excrétions radiculaires ou lorsque les racines elles-mêmes pourrissent et se décomposent.

Faidherbia albida est, grâce à ses racines, doublement à l'origine du recyclage et de la réintégration d'éléments fertilisants dans le sol.

► Stimulés par l'exemple présenté et le récit des interventions animales, les élèves complètent la fresque des racines.

Ils représentent un sol meuble, sableux ou argileux (marron clair), enrichi de matière organique végétale ou animale en décomposition, l'humus (marron foncé), auquel ils ajoutent des proportions variables de cailloux et de galets.

Ils dessinent un sol aéré par les organismes transporteurs, parcouru en surface par les détritivores dont les habitacles peuvent être représentés selon les régions: termitières des termites boussoles d'Australie (*Armiternes meridionalis*), nids des fourmis argentées (*Cataglyphis bombycina*).

► Il est plus facile pour les élèves de dessiner les différentes espèces animales et végétales dans des vignettes séparées, qu'ils découpent ensuite et repositionnent en marge de la représentation des racines. Cela permet à la classe de mieux dénombrer les espèces et de les représenter plus lisiblement.

► Pour terminer cette partie de la fresque, les élèves ajoutent un herbivore qui vient paître sous l'arbre et enrichir le sol en matière organique.

Exemple:

En Afrique, une gazelle comme *Gazella dorcas*, un chameau, un zèbre, une antilope comme *Oryx dammah*, rarement *Addax nasomaculatus*.

3. Réaliser la fresque du tronc et des branchages

Quelle variété d'espèces vit à l'étage supérieur ?

► Le professeur invite les élèves à toucher et repérer les écorces des végétaux, à observer les cercles de croissance des troncs coupés, à examiner les troncs creux et les ramures de spécimens vieillissants qui s'écroulent (comme le baobab africain *Adansonia digitata*).

► Il rappelle quelques notions relatives aux parties ligneuses de l'arbre, racines, tronc, branches et rameaux:

- L'arbre grossit grâce au cambium, une fine couche de cellules qui parcourt toutes ses parties ligneuses et située sous l'écorce, après le phloème.

Juste sous l'écorce circule la sève, constituée des éléments minéraux montant du sol et des substances nutritives venant des feuilles.

- L'épaisseur de l'écorce protège donc cette circulation de nourriture et la fine couche de cellules du cambium, située juste en dessous.

► Les élèves repèrent les différences de textures et de couleurs des écorces: rugueuse pour *Tamarix aphylla*, rouge marbrée de blanc pour les branches d'*Acacia senegal* et constatent souvent des traces laissées sur les troncs par diverses blessures qui perturbent la régularité des écorces.

► Guidée par le professeur, la classe distingue les entailles dues à l'émondage (sur *Balanites aegyptiaca*), les traces d'objets plantés dans l'écorce (pour en faciliter l'ascension), les cicatrices laissées par les prélèvements d'écorce (pratique de l'écorçage sur les baobabs *Adansonia digitata*), les trous ménagés dans les baobabs pour récolter l'eau, les béances et les renflements dus à des branches cassées ou arrachées par le vent, les traces de feu.

► Le professeur revient sur les qualités d'adaptation des arbres aux écosystèmes secs en rappelant que l'écorce de nombreuses espèces se cicatrise elle-même ou peut étendre son rôle protecteur:

- Quand un arbre est blessé, la sève s'écoule par l'ouverture; les cellules du cambium se multiplient à la périphérie de la blessure et la « colmatent » en quelque sorte. *Adansonia digitata* a ainsi la propriété de régénérer facilement son écorce.

- D'autres espèces ont développé des écorces extrêmement résistantes, pouvant s'opposer à l'implantation des parasites ou se protéger du feu.

Exemple:

Quand l'écorce de certains eucalyptus originaires d'Australie comme *Eucalyptus sp.* est blessée par le feu, elle sécrète une gomme protectrice de sorte que l'arbre incendié peut produire un nouveau feuillage à partir des bourgeons qu'elle dissimule.



48. *Eucalyptus melanophloia*,
Nouvelle Galles du Sud, Australie, 2001
©Olivier Brestin



49. *Ficus macrophylla*,
Nouvelle Galles du Sud, Australie, 2001
©Olivier Brestin

► Le professeur poursuit :

- Malgré la résistance des écorces, quantité d'insectes, d'oiseaux, voire de plantes parasites, parviennent à les traverser.
- Nourris par les aliments qu'ils prélèvent sur l'arbre, ces êtres vivants forment la base de la chaîne alimentaire du tronc.

► Les élèves recensent les espèces les unes après les autres et les dessinent dans des vignettes qu'ils repositionnent sur l'arbre.

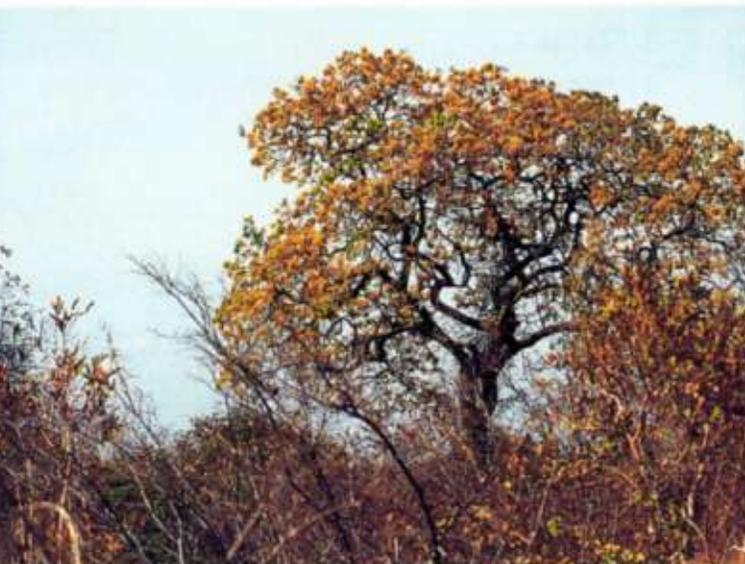
Quelles sont les espèces dont le tronc et les branchages forment l'habitat ?

Ce sont d'abord les larves xylophages de nombreux insectes creusant des galeries dans le bois pour se nourrir.

Exemple :

Les larves des longicornes ou des capricornes, de la famille des *Cerambycidae*.

- Les élèves dessinent un gros plan du tronc en coupe, avec les œufs déposés le long des galeries.
- Ils « croquent » ensuite dans des vignettes d'autres insectes adultes xylophages comme les foreurs du bois, les charançons de la famille des *Curculionidae*, qui endommagent les jeunes pousses en utilisant leur long rostre pour mastiquer l'écorce.



50. *Butyrospermum pterocarpus* en fleur, région du W, Niger, 1995
© Michel Le Berre



51. Gecko (*Ptyodactylus hasselquistii*), Ihérir, Tassili N'Ajjer, Algérie, 1989
© Michel Le Berre

► Ils continuent avec certains insectes arboricoles se nourrissant des suintements de la sève de l'arbre comme *Crematogaster oasium*, endémique du Sahara sur *Acacia tortilis* ou *Acacia raddiana*, et certaines punaises comme *Dysdercus fasciatus* sur *Adansonia digitata*.

► La classe enchaîne ainsi avec cohérence la représentation de la chaîne alimentaire dans des vignettes:

Si l'on parle des larves et insectes inféodés à la sève ou au bois de l'arbre (donc au tronc), il faut évoquer les animaux qui se nourrissent de ceux-ci.

- Les reptiles arboricoles comme l'agame des colons (*Agama agama*) ou le gecko à doigt en éventail (*Ptyodactylus hasselquistii*) mangent des larves et des insectes.

- D'autres insectes carnivores, comme les carabes grimpent dans les arbres à la recherche de proies et apprécient également les invertébrés que sont fourmis, larves ou chenilles dans leur menu.

Exemple:

Le *Tamanrassat*, nom touareg d'un carabe nocturne d'Algérie.

- Les oiseaux, en particulier les sylvidés qui nichent sur les acacias comme la fauvette grisette (*Sylvia communis*), sont des passereaux très insectivores qui entretiennent la chaîne alimentaire du tronc lors de leurs haltes migratoires.

► Les élèves dénombrent chaque espèce par un dessin dans une vignette et indiquent son nom en dessous.

► Ils représentent les divers abris que sont les nids, les trous creusés dans le bois, les galles de papillon accrochées aux rameaux comme *Amblypalpis olivierella* sur *Tamarix aphylla*, directement sur la fresque.

4. Réaliser la fresque de la couronne et du feuillage

Enfin, quels sont les habitants du dernier étage, celui des rameaux terminaux, des feuilles, des fleurs et des fruits soutenus par la couronne?

► Le professeur relance une phase d'observation:

Les élèves recherchent des traces de présence animale au niveau du feuillage. Ils examinent les feuilles, observent les spécimens troués, à moitié mangés, les fruits rongés.

Sous l'arbre, ils découvrent çà et là des plumes, des noyaux, des poils.

► Si certains élèves sont agiles et que l'exercice ne présente pas de danger, ils peuvent grimper dans l'arbre et y rester un moment afin de noter leurs impressions.

Comment perçoit-on l'espace environnant de là-haut ?

► Ils découvrent aussi le microcosme du feuillage, font attention à ne pas déranger d'éventuels nids ou trous, protégés des regards, et écoutent les sons, observent les mouvements des espèces : bourdonnements, vrombissements des agents pollinisateurs (abeilles, guêpes, frelons), vol des oiseaux, bruissements de feuillage.

► Le professeur revient sur les fonctions écologiques du feuillage des ligneux qui n'ont pas été évoquées.

Au-delà de la fonction de brise-vent ou de barrage vert qu'il remplit auprès des hommes, en protégeant de l'érosion cultures et oasis, le feuillage des arbres joue un rôle écologique de premier plan :

- Il réduit le vent en zones sèches et, de ce fait empêche la terre d'être soulevée et emportée.
- Le professeur rappelle brièvement le rôle de la litière, constituée des parties mortes de l'arbre tombées sur le sol, qui s'y décomposent et l'enrichissent en matière organique.
- Il rappelle qu'en plus de constituer un abri à l'ombre pour les hommes et les animaux, le couvert forestier même clairsemé, génère un milieu ombré indispensable à la régénération sexuée ; il protège les étapes de la floraison, du transport de pollen, de la pollinisation, de la fécondation, de la production des fruits et de la dissémination des graines.
- Enfin, l'enseignant souligne le rôle du couvert aérien des arbres dans l'amélioration des microclimats. L'effet d'ombrage obtenu par l'abaissement de la température ambiante permettrait de réduire l'évaporation des sols et d'abaisser leur température de surface.

Même si peu d'informations sont disponibles, il est clair qu'en l'absence de tout ombrage, la température des sols en surface a un effet destructeur sur les semences dormantes ou en germination, à la surface du sol. Cela contrarie la repousse et favorise la désertification.

► La classe identifie ensuite plus précisément le rôle du feuillage dans le cycle de croissance et de reproduction des plantes ligneuses.

- En général, les bourgeons se forment à l'aisselle du pétiole des feuilles ainsi qu'à l'extrémité des rameaux. À l'intérieur du bourgeon, se trouvent les cellules qui vont se développer au cours de la saison de croissance qui suit (la saison des pluies en zones sèches).
- Pour les arbres à feuilles caduques, le cycle de croissance correspond au cycle des feuilles. Les arbres se dépouillent au début de la saison sèche (à l'exception de *Faidherbia albida*). C'est la diminution d'humidité du sol qui déclenche la chute des feuilles et celles-ci réapparaissent quand les pluies reviennent.

Les arbres au feuillage persistant restent verts toute l'année comme le myrte (*Myrtus communis*) ou le genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*).

- La plupart des bourgeons produisent des feuilles, d'autres des fleurs et marquent le début du cycle reproductif de l'arbre qui se déroule à l'abri des frondaisons.
- Les espèces animales se nourrissant des éléments du couvert aérien, sont, par leur action de transport et de dissémination, les acteurs indispensables de la reproduction des arbres.

► Les élèves poursuivent la représentation de la fresque : ils prolongent le tronc de l'arbre par le dessin des rameaux jusqu'aux ramifications terminales.

► Ils ajustent la forme globale de la couronne, de façon à ce qu'elle ressemble à celle d'espèces locales.

► Ils dessinent et colorient un houppier de feuilles, là aussi en prenant soin d'utiliser des lignes et des couleurs communes, typiques de leur environnement.

► Ils entreprennent ensuite de préciser, à l'aide de documentation et en vérifiant sur le terrain, les espèces animales qui vivent au niveau du couvert aérien.

► Selon leur région, ils identifient dans des vignettes, les insectes phyllophages, mangeurs de feuilles, comme les larves phyllophages de chrysomèles ou les larves de la psyché de l'acacia (*Kotochalia junodi*), les chenilles défoliatrices comme les chenilles de nymphalides sur *Salvadora persica*.

Ils répertorient les insectes frugivores, mangeurs de fruits, comme les scolytes ou les charançons, présents dans d'autres parties de la fresque. Les reptiles arboricoles apprécient notamment les fruits du jujubier (*Ziziphus mauritiana*, appelé le jujubier des iguanes).

► Ensuite, les élèves se concentrent sur les acteurs du cycle reproductif:

- Les abeilles bien sûr qui, par colonies, habitent les arbres et se nourrissent du nectar des fleurs, favorisant ainsi la pollinisation.

- Un autre transporteur du pollen, des baobabs notamment, est la chauve souris tropicale *Eidolon helvum*, lorsqu'elle vient butiner les fleurs à l'aide de sa langue-museau.

Ils les représentent dans des vignettes ainsi que d'autres mammifères ayant un régime de nectar ou de pollen, quand ceux-ci font partie d'espèces locales comme les phalangers nectarivores d'Australie qui, grim pant aux arbres, transportent le pollen sur leur fourrure.

- Certains oiseaux sont identifiés comme le colibri par exemple qui, grâce à son long bec, aspire le nectar de fleurs arboricoles se couvrant ainsi d'une fine poussière de pollen.

► Pour finir, les élèves se concentrent sur les espèces favorisant la dissémination des graines:

- Ils « croquent » dans des vignettes les oiseaux friands de baies et de graines, dont beaucoup appartiennent à la famille des turridés en Afrique et en Arabie: grives, merles, traquets, rossignols, parmi lesquels les oenantes comme le traquet à tête blanche (*Oenanthe leucopyga*), souvent mis en scène dans les histoires touarègues.

- D'autres espèces rejettent ainsi noyaux et graines par leurs déjections et plantent de futurs arbres : les girafes, suffisamment hautes pour atteindre les fruits, et surtout l'éléphant, friand des fruits du baobab, qui offre aux graines un douillet matelas de fèces remplissant les conditions idéales de la germination et d'où jaillissent bien vite de nouvelles plantules.



52. Éléphants, savane arbustive en saison sèche, Niger, 2001
©Michel Le Berre



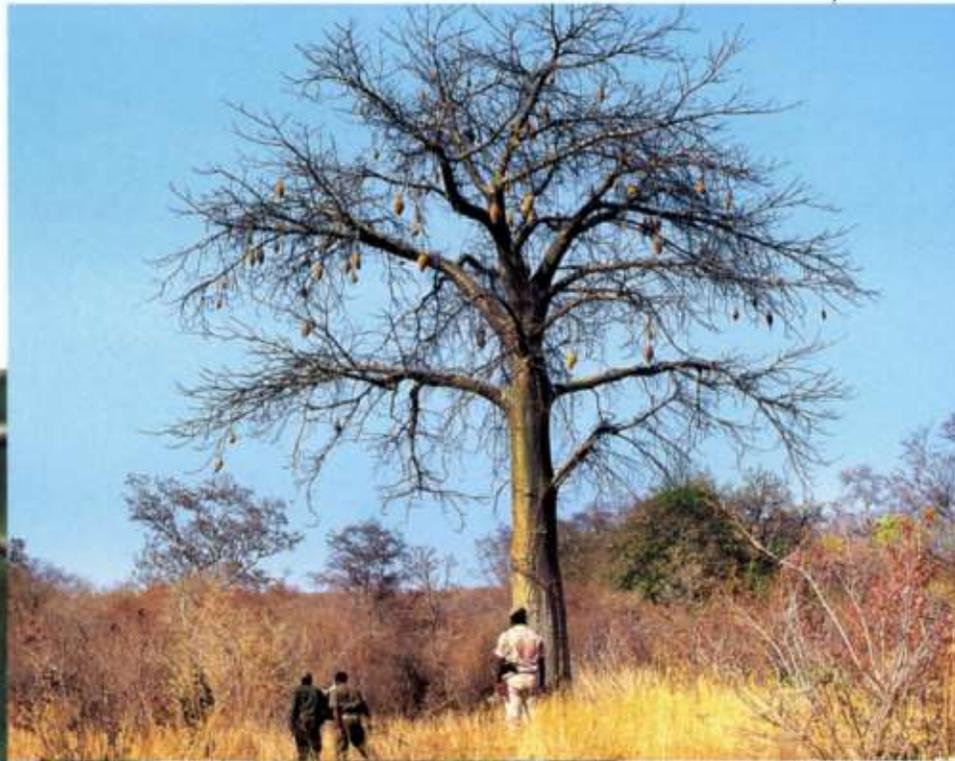
53. Éléphant, Parc National d'Aberdale, Kenya, 2005
©Michel Le Berre



54



55



56

57

54. Fleur de baobab (*Adansonia digitata*), Kenya, 1999
©Michel Le Berre

55. Fruits de baobab, région du W, Niger, 2001
©Michel Le Berre

56. Nid de tisserins, région du W, Niger, 2001
©Michel Le Berre

57. Baobab portant des fruits, région du W, Niger, 1995
©Michel Le Berre

- Une fois réalisée dans son intégralité, la fresque de l'arbre est magnifique. Elle se déploie sur un pan de mur entier et illustre la « fabrique écologique », le circuit complet d'énergie que représente l'arbre dans l'écosystème.
- Les élèves comprennent son importance avec l'ensemble constitué du dessin et des vignettes : En produisant autant de biomasse diversifiée, visible par le dessin, et en abritant et alimentant autant d'espèces dénombrées dans les vignettes, l'arbre se situe au cœur du réseau trophique. Les schémas et les informations développés sur le papier, en marge de la fresque proprement dite, permettent de mesurer l'importance de ses fonctions écologiques.
- Pour clore l'activité, la classe se lance dans un jeu de rôle mettant en présence deux « parties », deux points de vue opposés :
 - Un élève, à tour de rôle, personnifie l'arbre et met en valeur ses qualités et ses avantages durant le sketch. Un autre incarne un bûcheron, muni d'une hache, et décidé à le couper.
 - Les deux protagonistes s'affrontent jusqu'à la question finale du coût réel de la disparition de l'arbre : dans de nombreux cas où l'arbre occupe une position-clé et participe activement à l'équilibre de l'écosystème, cela ne coûte-t-il pas plus cher aux hommes de le détruire, plutôt que de le maintenir ?

05

Un inventaire des plantes utiles

Niveau ★ ★
intermédiaire

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
5 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

À partir d'un inventaire en image, par le dessin, les élèves saisissent pleinement l'utilité directe des plantes dans plusieurs aspects de la vie communautaire.

La classe est amenée à s'interroger sur les modes de récolte et de consommation des plantes et, par extension, sur les modes d'utilisation des ressources naturelles.

2. Aptitudes

L'enseignant encourage les élèves à nouer un réel dialogue avec les détenteurs du savoir local dans la communauté.

Remarques et suggestions:

Pour cet atelier-laboratoire autour du rôle des plantes dans leur vie, les élèves et le professeur disposent d'un local ou, plus simplement, du fond de la classe.

Ils installent trois grands panneaux de papier ou de carton sur les murs et organisent ainsi trois espaces d'inventaire et d'exposition des plantes qui constituent aussi un lieu d'accueil, de dégustation et de mini-expérimentations (plantes en pots, teinture).

Le professeur menant cette activité envisage la relation de l'être humain à son environnement d'un point de vue **holistique** : il considère la population locale comme faisant intégralement partie de l'écosystème. Nos activités humaines qu'elles soient agricoles, industrielles, commerciales, ont un impact considérable sur les écosystèmes. Or, nous recevons constamment des produits et obtenons de multiples bénéfices des écosystèmes. Ceux-ci sont constitutifs de notre bien-être et, plus loin, de notre qualité de vie.

Dans cette perspective, l'écosystème sera avant tout perçu comme une source de récoltes et de bienfaits pour les humains, un jardin au sens large dont la communauté prélève les fruits.

Le professeur peut envisager une classification des plantes selon trois thèmes illustrés en trois panneaux :

- A. Le jardin qui nourrit;
- B. Le jardin qui soigne;
- C. Le jardin qui protège et sécurise.



Déroulement

► Le professeur divise la classe en trois groupes d'élèves en charge respectivement des trois panneaux qui permettent d'inventorier les plantes utiles à la communauté.

Chaque groupe réfléchit à l'organisation de son panneau et dispose d'une hauteur sous plafond pour pouvoir suspendre si besoin des spécimens tête en bas au-dessus de chaque panneau.

► Les élèves commencent à recenser les plantes selon leur usage:

- Nourriture ;
- Soins, médicaments et éléments de rituels (bien-être du corps et de l'esprit) ;
- Matières premières pour la construction des habitations (couvert protecteur pour la famille) et pour la fabrication des vêtements (protection individuelle).

Certaines plantes sont employées pour différents usages et vont donc apparaître sur plusieurs panneaux.

► Par groupes, les élèves précisent l'organisation de leur panneau. Guidés par le professeur, ils visualisent les subdivisions à l'intérieur de chacun des panneaux.

A. Le jardin qui nourrit

1. Classer

► Les élèves font un premier classement des plantes comestibles de la région selon les catégories suivantes:

- **Bulbes comestibles** comme l'ail ou l'oignon ;
- **Tiges comestibles** comme les tiges aériennes et charnues du figuier de Barbarie (*Opuntia ficus indica*), du fenouil, et les tiges souterraines (tubercules) de la pomme de terre ;
- **Racines comestibles** comme la carotte et le navet ;
- **Feuilles comestibles** comme le cresson commun ;
- **Fruits charnus** avec :
 - Les **baies ou fruits à pépins** comme les baies de jasmin, les baies de l'arbre brosse à dent du Sahara (*Salvadora persica*), le melon d'eau, la courgette, le concombre d'Afrique (de la famille des cucurbitacées) ;
 - Les **drupes ou fruits à graine unique ou noyau** comme la datte, l'olive, la jujube, le fruit du karité ;
- **Fruits secs** avec :
 - Les **fruits gousses** comme les différentes variétés de pois et de haricots (de la famille des légumineuses) par exemple: les pois d'Angole (*Cajanus cajan*), le tamarin (*Tamarindus indica*), le niébé (*Vigna unguiculata*) ;
 - Les **fruits grains** comme le blé, le sorgho, le mil, le maïs (de la famille des graminées) ;
 - Les **fruits secs** à une seule graine comme le gland du chêne kermès.

Les élèves obtiennent ainsi un premier aperçu des ressources naturelles disponibles, que ce soit des plantes cultivées ou non cultivées.

2. Choisir une espèce comestible

► Chaque élève choisit une plante. Il est chargé de la repérer dans son milieu naturel et d'en produire des esquisses, des représentations.

► Si l'espèce est courante, l'élève peut rapporter un spécimen en classe.

Il le coupe soigneusement, le suspend et le fait sécher (une graminée par exemple). Il peut aussi tenter de replanter une jeune pousse (une pousse de figuier de Barbarie par exemple).

3. Dessiner sur le panneau

► Ensuite chaque élève répertorie sa plante selon les catégories définies précédemment et réalise un dessin en couleurs de celle-ci sur le panneau.

Le panneau est subdivisé en plusieurs espaces correspondant aux différentes catégories.

L'élève prend soin de situer son dessin dans la catégorie à laquelle la plante appartient.





58. Femme triant du blé pour la préparation du repas, région des hauts-plateaux, Bolivie
©UNESCO/Pierre A. Pittet

59. Ouvrier agricole et laboureur, culture de la pomme de terre, Sénégal, 1982
©UNESCO/Pierre A. Pittet

60. Fabrication artisanale de tomates séchées, Sénégal, 1982
©UNESCO/Pierre A. Pittet

61. Irrigation par le système des *foggaras*, oasis de *Timimoun*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

61



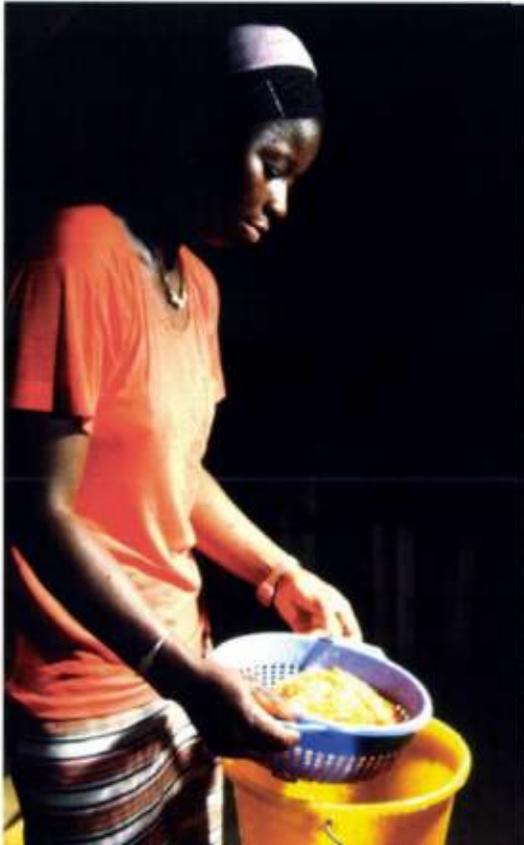
59



60



62



62. Fabrication artisanale de concentré de tomates, Sénégal, 1982
©UNESCO/Dominique Roger

63. Femmes portant de l'eau sur la tête, Inde
©UNESCO/Bernard Henry

64. Femmes pilant du mil, *Djenné*, Mali
©UNESCO/Alexis N. Vorontzoff

64



63

4. Goûter

► Pendant qu'un élève dessine, un autre s'occupe de goûter ou de faire goûter la plante correspondante. Pour cet exercice, il est recommandé de se limiter à des espèces comestibles connues. Ainsi, on peut tester la reconnaissance des saveurs en bandant les yeux des candidats à la dégustation qui devront identifier la plante.

► Les élèves peuvent aussi rapporter de chez eux des soupes, des jus de fruits, des échantillons de recettes familiales qui, grâce à de simples variantes (dans le temps de cuisson par exemple ou l'association d'un aliment à une herbe particulière) permettent de redécouvrir le goût d'une plante communément utilisée ou d'une plante qui, bien que connue, peut être délaissée ou sous-utilisée quand elle devient plus rare.

Remarque:

Avec ce mini-atelier du goût, l'objectif pour l'enseignant est de maximiser les possibilités de goûter et d'identifier les différents saveurs des plantes locales connues (disponibles ou moins disponibles); cela peut vouloir dire, pour les plantes non cultivées, de rechercher des spécimens ayant tendance à se raréfier.

5. Rechercher et intégrer l'information

► Concentrés à nouveau sur le panneau, les élèves accompagnent leurs dessins d'informations ou d'annotations sur l'usage des plantes:

- Est-ce une plante cultivée/ une plante non cultivée?
- S'il s'agit d'une plante cultivée, la sème-t-on ou la plante-t-on?
- La mange-t-on crue ou cuite?
- Quel choix d'adjectifs qualifie l'expérience gustative que l'on peut faire de la plante?
- Est-ce une espèce courante / une espèce rare?
- S'il s'agit d'une plante poussant à l'état naturel, est-elle devenue plus rare avec le temps?

Est-il possible de rassembler des informations sur la croissance de la population pour une espèce donnée?

- Est-ce une espèce menacée et / ou protégée?
- Cette plante contribue-t-elle à développer l'alimentation (en couvrant certains besoins nutritionnels)? Contribue-t-elle à varier l'alimentation ?

Remarque:

Il est important que ces indications écrites soient intégrées graphiquement sur le panneau, qu'elles soient disposées autour des dessins, qu'elles suivent des lignes imaginaires, intègrent des variations de style en fonction du sens évoqué, ou qu'elles soient synthétisées par des symboles graphiques pour signifier qu'une plante est rare ou menacée d'extinction.

6. Parler des plantes locales et de la production alimentaire avec les personnes ressources

► À ce stade de l'activité, l'enseignant encourage la relation ou l'interaction avec deux personnes au moins parmi les détenteurs du savoir environnemental local:

- Un ancien (un membre respecté de la communauté) qui connaît bien la biodiversité locale en tant que source de produits alimentaires de complément ou de remplacement (ainsi que source de revenus) en période de pénurie;
- Un agriculteur/éleveur qui connaît l'importance des plantes cultivées dans la production alimentaire et le rôle des plantes indigènes dans la conservation de l'écosystème local.

► L'enseignant invite la classe au dialogue avec ces acteurs locaux. Il axe le débat sur les impacts des modes d'utilisation et de consommation des ressources (végétales en particulier) sur la biodiversité et la sécurité alimentaire:

- Assiste-t-on à une raréfaction des plantes non cultivées dans certaines zones arides?
- Quelles sont les conséquences de cette diminution (parfois extinction) des espèces sur l'alimentation de la population locale et sur ses moyens d'existence?
- En quoi l'épuisement des terres (monocultures) et le détournement des habitats naturels pour

des usages agricoles ou d'élevage constituent-ils une menace pour la conservation des plantes et, surtout dans les écosystèmes fragiles, une menace pour la sécurité alimentaire d'une région?

- En quoi la biodiversité locale et la végétation naturelle sont-elles indispensables aux cultures et à la production alimentaire par les fonctions qu'elles assurent dans l'écosystème?

B. Le jardin qui soigne

1. Rencontrer le connaisseur des plantes et de leurs propriétés

► Les élèves rendent visite au guérisseur traditionnel ou herboriste qui, au sein de la communauté, est le spécialiste des essences et des plantes médicinales.

► Ils invitent celui-ci à participer directement à la constitution du deuxième panneau.

On l'invite à présenter des échantillons de plantes en classe; les élèves peuvent également l'accompagner prélever des échantillons s'il le permet.

2. Dessiner et répertorier les plantes médicinales sur le panneau

► À partir des précieuses indications du spécialiste, les élèves trient les plantes en fonction de leurs propriétés bienfaitrices ou thérapeutiques et réalisent à nouveau des dessins en couleurs de celles-ci sur le panneau. Ils conservent des spécimens à sécher qu'ils suspendent au plafond. Pour la subdivision du panneau en plusieurs sections, les plantes sont répertoriées par sections selon leurs propriétés: tonique, fébrifuge, purgative, diurétique... Le professeur peut éviter ce vocabulaire en mentionnant simplement les maux que les plantes guérissent.

Exemples:

En Afrique, les graines d'anis et de fenouil ont de multiples propriétés. Le fenouil géant est un anti-douleur et un purgatif (facilite l'élimination des déchets).



65. Chênes du désert, région de *Kata Tjuta*, Territoire du Nord, Australie, 2001
©Olivier Brestin

67. *Eucalyptus caesia*, Nouvelle Galles du Sud, Australie, 2001
©Olivier Brestin

69. Fleur d'*Eucalyptus annulata*, état d'Australie occidentale, Australie, 2001
©Olivier Brestin

66. Termitière, région de *Kata Tjuta*, Territoire du Nord, Australie, 2001
©Olivier Brestin

68. *Aloe vera* en fleurs, *La Gomera*, îles Canaries, Espagne, 2003
©Thomas Schaaf



66



65

L'écorce de baobab est fébrifuge (réduit la fièvre), ses feuilles servent à toutes sortes de soins et ont plusieurs vertus: diurétique (augmente la sécrétion urinaire), tonique, et elles sont préconisées contre la dysenterie et les lombagos. Elles sont également utilisées dans l'alimentation pour la préparation de sauces.

L'hibiscus à fleurs rouges ou *carcadet* ou *bissap* est cultivé et fait des infusions riches en vitamine C (c'est un tonique).

3. Lier soins et rites par les plantes

► Le professeur aborde la question de la dimension sacrée des végétaux et relance le dialogue. Certaines plantes sont-elles des éléments de rituels? Sont-elles associées à des rituels d'initiation, de guérison, de protection des espaces?

L'utilisation des plantes lors de rituels (associés à la pratique de la religion ou au bien-être de l'esprit) est précisée sur le panneau pour chaque plante dans sa catégorie (selon le classement par propriétés thérapeutiques indiqué ci-dessus).

Exemples:

Dans certaines zones arides, la myrrhe et l'encens sont associés aux cérémonies funèbres ainsi qu'à des rites de purification ou de sacrifice.

D'autres plantes sont essentielles dans le marquage du territoire: elles sont plantées à l'entrée des maisons ou répandues sur le sol tout autour pour les protéger.

Les bulbes de scille maritime (*Urginea maritima*) sont utilisés dans les hautes plaines algériennes pour le bornage des propriétés agricoles.

► Les élèves peuvent mettre en valeur l'information sur le panneau en illustrant le rituel tel qu'ils l'imaginent à travers les anecdotes du guérisseur ou de l'herboriste. Là encore, texte et image s'harmonisent visuellement sur le panneau.

4. Interroger la relation entre plantes, traditions culturelles et conservation

► Au final, on s'interroge sur la consommation faite des essences et des plantes médicinales et ses conséquences sur les traditions culturelles de soins et de rites par les plantes.

- Quelles sont les manières non destructrices de récolter les plantes précieuses et non cultivées?
- Comment en assurer la conservation?



67



68

- Y a-t-il des cas de disparition d'espèces ?
- Quelles sont les conséquences sur les traditions culturelles ?
- En quoi les connaissances approfondies de l'herboriste ou du guérisseur traditionnel constituent la mémoire vivante des interactions entre les diverses plantes locales et la culture locale ?
- Re-dynamiser le savoir local et autochtone dans ce cas précis ne participe-t-il pas à la conservation de l'écosystème ?
- L'herboriste ou le guérisseur ne peuvent-ils transmettre leur savoir par l'école et favoriser la circulation du savoir entre les générations ?
- La valeur accordée à certaines plantes n'a-t-elle pas conduit naturellement à protéger certaines zones ?
- S'agit-il de sites naturels sacrés ? Ne peut-on s'inspirer de ces sites pour la conservation de l'environnement ?

C. Le jardin qui protège et sécurise

Outre la nourriture, les médicaments et les éléments de rituels, les plantes fournissent aussi le couvert qui « protège et sécurise ». L'utilisation des végétaux comme matériaux de fabrication et de construction des habitats fait l'objet du troisième panneau. Localement, fibres et écorces servent également à fabriquer les vêtements, autre forme de protection, et peuvent à ce titre figurer sur le panneau.

1. Faire des croquis de sa maison

- Le professeur invite les élèves à observer leur maison dans le détail et à les représenter individuellement par des dessins et des esquisses sur du papier séparé. Peut-on distinguer différents types d'habitats à l'intérieur du village en zones arides ? Y a-t-il évolution d'un mode de vie nomade à une sédentarisation à plus long terme ou alternance entre les deux modes de vie parmi la population ?

2. Dessiner l'habitat typique sur le panneau

- Après confrontation des différents dessins, la classe choisit un exemple représentatif de chaque type d'habitat vernaculaire.

L'exemple choisi est ensuite dessiné – agrandi – sur le panneau.

- À l'aide de flèches et de mots, d'autres élèves identifient et indiquent clairement les végétaux qui constituent la maison (ceci pour chaque exemple d'habitat dessiné sur le panneau).

Parmi les habitats nomades :

- De quoi est constituée la tente ? Est-elle uniquement constituée de textile d'origine animale, de poils de chèvre, de cuir de bœuf, de chèvre ou de chameau ? De quoi est faite la yourte ou ger fréquente en Asie centrale et encore largement utilisée par les nomades en Mongolie ?
- L'habitat nomade est-il une construction démontable, une hutte en nattes ou en panneaux tressés ou palissés ? De quels végétaux s'agit-il ?

Parmi les habitats sédentaires :

- Si la case est en pierre ou en terre argileuse (souvent en *banco*), conserve-t-on des éléments végétaux dans la construction ?
- De quoi est constituée la toiture ?

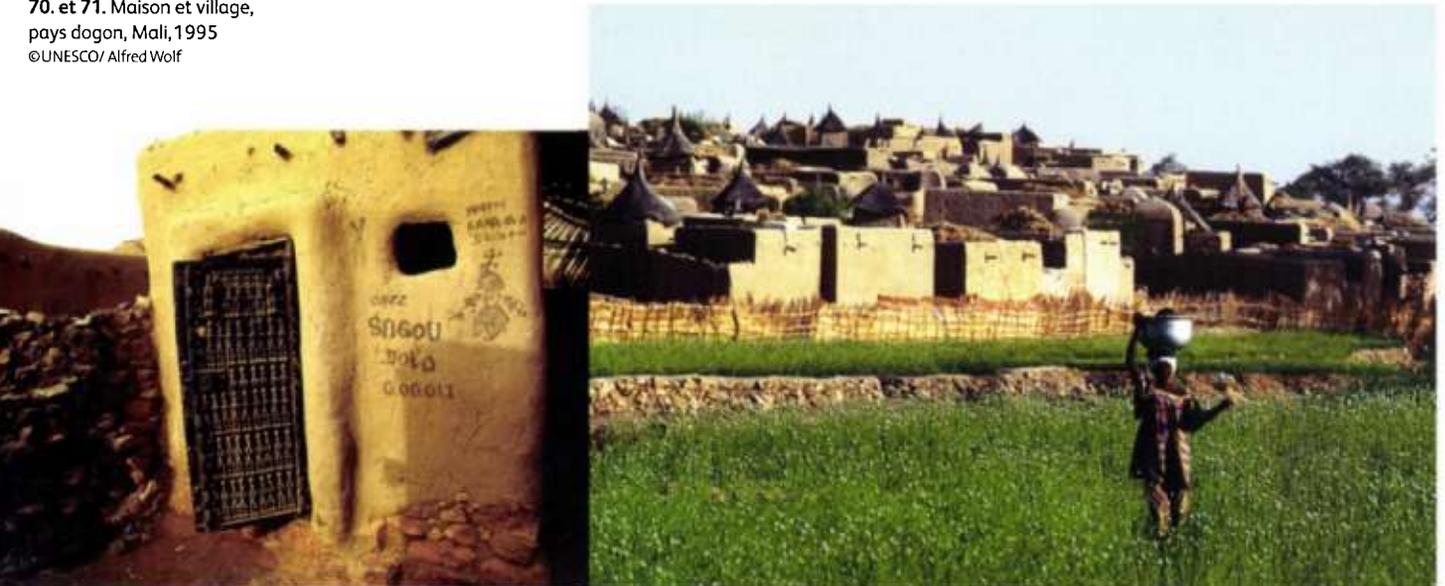
Exemple :

Les toits de chaume, parfois réalisés à partir de palmier-dattier, le plus souvent à partir de graminées, par exemple en typhas (*Typha australis*) comme au Sénégal, en Algérie, en Mauritanie.

- De quel bois sont constituées les poutres maîtresses ?

Quels sont les arbres les plus couramment utilisés à cet effet ?

70. et 71. Maison et village,
pays dogon, Mali, 1995
© UNESCO/ Alfred Wolf



70

71

Exemple:

Le palmier-dattier est couramment utilisé, mais, s'il n'est pas disponible, quelles espèces sont utilisées à sa place? L'*Acacia tortilis*? L'*Acacia raddiana*? Si ces espèces sont rares, une autre espèce est-elle utilisée?

- Existe-t-il des habitats sédentaires tout en végétal?

Exemples:

Des cases circulaires en graminées sont typiques de certaines régions d'Afrique.

La *zériba* est une construction légère faite de végétaux divers, de paille et de feuillage tressé ou palissé.

3. Représenter des détails de l'habitation

► Ensuite, concentré sur la représentation de l'habitat, un autre groupe produit des croquis de détails du dessin principal : les élèves mettent en valeur les détails de construction, réalisent des gros plans sur les tressages, les points de fixation, ou plusieurs croquis en série des étapes de construction.

► Ils indiquent par écrit les végétaux utilisés pour attacher ou pour joindre des éléments entre eux grâce à la confection de cordes, de ficelle.

Exemples:

Le sisal (*Agave sisalana*) est une fibre extraite des feuilles d'agave que l'on trouve en Amérique du Sud.

L'alfa (*Stipa tenacissima*) est courante dans le bassin méditerranéen et en Afrique du Nord.

L'andropogon (*Andropogon gayanus*) en Afrique sahélienne.

4. Faire le lien entre habitation adaptée à l'environnement et ressources naturelles

► Les élèves décrivent les qualités des plantes qui témoignent de leur adaptation dans le temps à l'environnement et aux conditions du climat.

La population a su tirer parti de ces qualités en développant dans le temps des usages spécifiques, pointus, des plantes et de leurs qualités, à travers par exemple la construction des habitations.

Ainsi, quels végétaux permettent de lutter le mieux contre le vent? Quels sont ceux qui résistent aux insectes? Quelles plantes protègent de la chaleur extrême et de la sécheresse?

Exemple:

Les rachis de palmes, une fois juxtaposés, laissent circuler l'air librement et maintiennent une fraîcheur à l'intérieur des habitations.

Les indications, écrites ou illustrées par un dessin, sont intégrées sur le panneau.

5. Faire le point sur l'utilisation des plantes pour la construction des habitations

► À ce stade, l'ensemble de la classe évoque l'importance des plantes dans l'amélioration du niveau de vie des habitants des zones arides.

Le bois est collecté pour le gros œuvre et la construction (avec *Acacia albida* ou *Gao* en Afrique).



72. Cases et arbres isolés,
Guinée, 2000
© Michel Le Berre

73. Abri touareg, *Tassili N'Ajjer*,
Algérie, 2002
© Olivier Brestin

74. Tente touarègue, *Djanet*,
Tassili N'Ajjer, Algérie, 2002
© Olivier Brestin

Il l'est aussi pour l'artisanat et la fabrication de meubles. Ces différents emplois, associés à la collecte de bois de feu, ne sont-ils pas une des causes de la déforestation intervenant largement dans la raréfaction ou la disparition de la couverture végétale ?

► L'enseignant invite les élèves à s'interroger :

Même si les besoins sont sans cesse croissants, ne peut-on promouvoir des actions et encourager des comportements qui permettent de freiner et de limiter ces phénomènes ?

Quelles sont les manières non destructives de couper les arbres afin d'entretenir les forêts ?

- En utilisant les techniques traditionnelles de coupe :

Exemple :

L'élagage contrôlé, l'émondage sélectif.

- En encourageant la conservation des ressources naturelles par la sélection et l'utilisation rationnelle des espèces en fonction des besoins :

L'enseignant peut montrer que la diversité des espèces est telle et remplit tellement de fonctions qu'elle répond dans le détail aux besoins spécifiques de la population.

- En protégeant la régénération naturelle :

Par le réensemencement, par les plantations, l'entretien des forêts, en évitant de couper les arbres verts, les jeunes pousses, en contrôlant les zones de pâturage par la délimitation de périmètres de protection, en favorisant des sources d'énergie alternatives et renouvelables comme l'énergie solaire.

► Au final, l'enseignant peut rappeler les avantages et les inconvénients des matériaux de construction actuels dans les villes ?

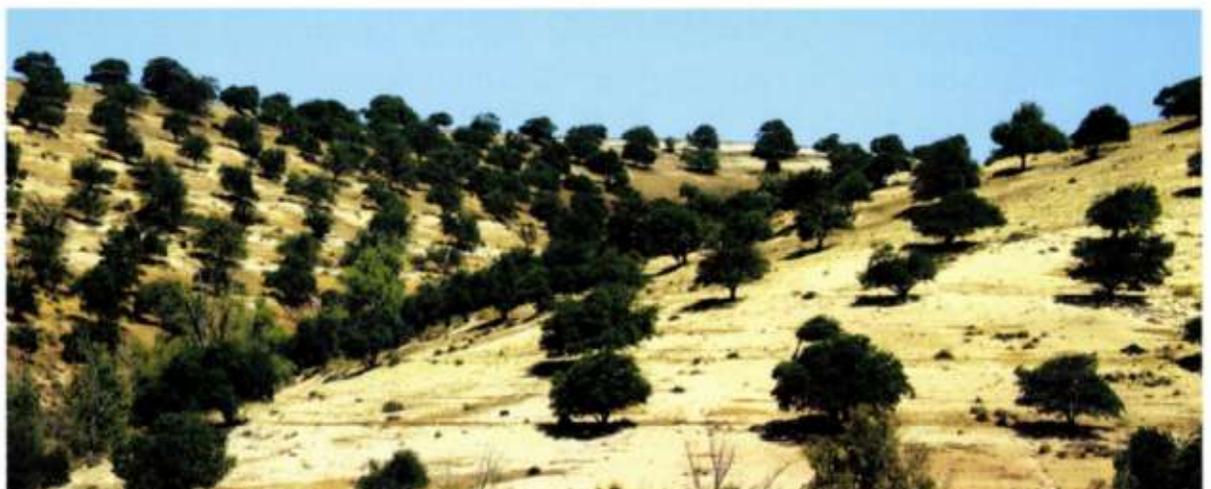
Exemples :

Le ciment, l'acier sont solides et produits industriellement ; en revanche, ils sont coûteux et consommateurs d'eau et d'énergie.

Indication pour un niveau plus élevé :

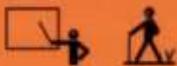
À différents stades de réalisation de l'activité ou une fois que celle-ci est réalisée, il semble intéressant de lier l'inventaire proposé, avant tout visuel et dessiné, avec des inventaires scientifiques qui ont pu être dressés dans le cadre des programmes d'action nationaux ou régionaux initiés par les pays ayant ratifié la **Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD)**.

En ce qui concerne la question de la surveillance et de l'évaluation de la biodiversité, les professeurs sont invités à consulter les informations contenues dans les bases de données scientifiques comme la base de données **GTOS TEMS** qui fournit une évaluation d'indicateurs de qualité de l'environnement dans des sites à travers le monde. On peut également citer **BRIM** (Biosphere Reserves Integrated Monitoring), en français : « Surveillance continue intégrée des réserves de biosphère du programme sur L'homme et la biosphère » (**MAB**) de l'**UNESCO** ou encore la « liste rouge des espèces menacées » de l'**UICN** (2000 IUCN Red List of Threatened Species) qui constitue l'inventaire mondial le plus complet de l'état de conservation global des espèces végétales et animales.



06 La plante mascotte

Niveau 
avancé

Lieu 
en classe
et à l'extérieur

Durée 
6 séances

Objectifs

1. Connaissances et compréhension

Après *L'inventaire des plantes utiles* (cf. chap. 2, act. 5, p.96), les élèves se concentrent sur une plante particulière et lui confèrent le rôle de mascotte à travers l'exposition et la mise en valeur des services fournis par la plante dans la vie quotidienne de la population.

L'étude est en partie focalisée sur l'utilisation traditionnelle d'espèces végétales sauvages dans la fabrication de produits représentatifs du patrimoine culturel local.

2. Aptitudes

Grâce à un travail de réflexion menée en classe, les élèves acquièrent suffisamment d'informations sur la gestion des ressources naturelles du terroir pour lancer un débat sur ce thème avec les professionnels de l'environnement et d'autres personnes ressources, lors d'une rencontre organisée.

Remarques et suggestions:

Cette activité peut être menée à deux niveaux. Le professeur répartit la classe en deux groupes.

Un premier groupe, de niveau intermédiaire, choisit comme mascotte une plante commune, souvent cultivée, source incontestable de revenus pour la population. Elle peut être associée à l'identité d'une région ou d'un pays.

Exemples :

En Afrique et dans les pays arabes, le palmier dattier (*Phoenix dactylifera*) ou d'autres palmiers « cultivés » comme le palmier doum (*Hyphaene thebaica*) ou le palmier rônier (*Borassus aethiopum*).

En Amérique centrale, le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*), originaire des régions arides et semi-arides du Mexique et souvent cultivé.

Un second groupe, de niveau avancé, porte son choix sur une plante moins accessible, à découvrir dans l'environnement, dont les anciens rappellent l'usage et l'intérêt, une plante sauvage, issue de la végétation naturelle. Ce choix permet aux élèves d'évaluer succinctement l'état de dégradation de la végétation naturelle et de mettre en exergue le rôle des savoirs traditionnels dans la conservation des ressources végétales ou forestières.

Exemples :

Il peut s'agir d'une plante relativement répandue, comme *Balanites aegyptiaca*, également appelée « savon-nier », présente dans tout le Sahel, dans les pays arabes et jusqu'au Pakistan, d'une plante à densité variable selon les régions sèches comme le jujubier (*Ziziphus mauritiana* ou *Ziziphus spina-christi*), le tamarinier (*Tamarindus indica*), ou encore d'une plante fortement reconnue et respectée qui, à l'état sauvage, a parfois du mal à régénérer son peuplement (*Adansonia digitata*, *Combretum micranthum*, *Commiphora africana*).





Déroulement

1. Se documenter sur la plante, l'observer et la dessiner

► Une fois qu'ils ont choisi une plante mascotte, les élèves, guidés par le professeur, recherchent l'origine de cette plante, sa distribution géographique et sa symbolique générale tant dans leur culture que dans d'autres.

Exemple :

Le palmier-dattier (famille des Arécacées) est cultivé par l'homme depuis des millénaires. Son origine est imprécise entre la région du Golfe Persique et l'Ouest de l'Inde. Il est répandu en Afrique du Nord et au Moyen-Orient. C'est l'arbre associé aux écosystèmes des oasis sahariennes qui sont parfois encore des espaces traditionnels de production agricole, respectés en tant que patrimoine culturel et écologique.

Dans la culture méditerranéenne, imprégnée de l'héritage gréco-romain, les palmes sont synonymes de victoire. Quand une famille d'espèces est présente sur plusieurs continents à travers des espèces autochtones appartenant à la même famille, il est intéressant que les élèves établissent des comparaisons et fassent des observations parallèles entre ces espèces.

Exemple :

Dans la famille des Arécacées, on trouve aussi le palmier jupon, issu du genre *Washingtonia* et regroupant deux espèces : *Washingtonia robusta* et *Washingtonia filifera*, qui se développent en colonies dans les gorges et les canyons humides des régions arides du nord-ouest du Mexique.

Ces observations parallèles peuvent d'ailleurs donner lieu à de véritables échanges de points de vue entre écoles de différentes régions arides du monde, grâce à l'envoi du cahier de la classe à d'autres écoles partenaires du Réseau des Écoles associées de l'UNESCO (ASPnet).

► Les élèves réalisent ensuite des esquisses au crayon de la plante et repèrent clairement ses caractéristiques distinctives :

- Pour le palmier-dattier, une couronne de feuilles pennées et finement divisées, un stipe plutôt mince en rapport à la taille de l'arbre, un long pétiole à la base de chaque feuille, des inflorescences femelles très longues et lourdement chargées de fruits (l'espèce est dioïque, chaque pied ne porte que des fleurs mâles ou des fleurs femelles).

Tous ces éléments sont repérables et aisés à rendre au crayon.



77. De gauche à droite:
Cultures de figuiers de Barbarie
(*Opuntia ficus-indica*), fruits
sur raquettes de figuiers de Barbarie,
raquettes (*nopalitos*) et plat cuisiné,

salade d'eau et plat à base
de raquettes et de salade d'eau,
Mexique, 2006
© UNESCO/Olivier Brestin

• Même chose avec les cladodes, couramment appelés « raquettes » du figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) : ce sont des éléments lisibles et bien définis, tout comme les fleurs ou fruits qu'ils portent. Un cladode fertile peut porter jusqu'à une trentaine de fruits selon sa position et son exposition sur la plante, un détail intéressant à repérer par le dessin.

Il s'agira ainsi, pour chaque plante élue, d'identifier graphiquement ou plastiquement ses caractéristiques physiques ou morphologiques notoires – l'aspect rameux et épineux de *Balanites aegyptiaca*, sa couleur verte particulière à reproduire en peinture, l'épaisseur du tronc du baobab (*Adansonia digitata*), ses branches à l'allure de racines – de façon à faire émerger la mascotte, à totémiser la plante, et à en multiplier les représentations.

2. Goûter et savourer la plante sous toutes ses formes

► En référence au « jardin qui nourrit », au « jardin qui soigne », au « jardin qui protège et sécurise » de l'atelier précédent, les élèves repèrent les catégories d'utilisation de la plante mascotte en termes de :

- Alimentation humaine et animale, besoins fourragers ;
- Santé humaine et animale ;
- Besoins énergétiques ;
- Construction et artisanat.

Il est important que la plante mascotte soit un élément de l'alimentation humaine puisque l'alimentation se trouve être à l'origine de la culture des populations, ce qui se vérifie particulièrement en régions arides à travers les civilisations de pasteurs-éleveurs, de chasseurs-cueilleurs et d'agriculteurs.

► Conseillés par leur famille et guidés par le professeur, les élèves ramènent en classe des produits et réalisent des échantillons de plats et de préparations issus de la plante mascotte.

• En Amérique centrale et Amérique latine, avec le figuier de Barbarie, les élèves présentent et dégustent les fruits frais et bien mûrs, les figues sous forme de marmelade, de fructose, de boisson, les jeunes raquettes appelées « nopalitos » consommées cuites comme légumes ou apprêtées en salade, dans certains cas le miel extrait des fleurs qui sont très appréciées des abeilles domestiques.

- En Afrique du Nord, ils déclinent la datte, fruit du palmier-dattier sous toutes ses formes : dattes fraîches, dattes fermentées, dattes séchées, dattes en confiture, dattes sous forme de confiseries, vinaigre extrait de dattes fermentées, tourteau issu des noyaux moulus pour le bétail. Ils peuvent ramener des graines de palmier torréfiées à transformer en substitut de café et du vin de palme.

Le même exercice peut être mené avec les espèces sauvages.

- Ainsi, *Balanites aegyptiaca* sera décliné sous la forme de son fruit au goût doux-amer, sucé en remplacement des dattes, sous la forme de jeunes feuilles consommées comme légumes ou en sauce avec le petit mil, sous la forme de beurre issu des gaines des fruits et souvent amalgamé aux noix de karité, sous la forme de pâte à beignet également dérivée des feuilles.

- ▶ Les élèves mesurent la variété des usages alimentaires et des expériences gustatives qui peuvent être obtenus à partir d'une seule plante.

L'exercice prolonge *L'inventaire des plantes utiles* en reliant une plante particulière à la gamme des produits et des goûts qui y sont rattachés.

- ▶ Les différents échantillons comestibles, à l'exception de l'aliment pour le bétail, sont rassemblés sur une table et prennent la forme d'une exposition.

- ▶ Les élèves écrivent des textes de présentation où ils relatent les préparations et les recettes et décrivent leurs expériences gustatives des différents mets. Des textes qui peuvent donner l'eau à la bouche!



78. Baobab (*Adansonia digitata*),
© UNESCO-MAB

79. *Balanites aegyptiaca* (détail),
région de l’Aïr, Niger, 2000
© Michel Le Berre

80. *Balanites aegyptiaca* (parfois
appelé «le savonnier»),
région de l’Aïr, Niger, 2000
© Michel Le Berre



80

79

3. Connaître les qualités nutritives de la plante mascotte

► À ce stade, le professeur apporte des informations essentielles :

L’ingéniosité dont ont fait preuve les populations pour développer les usages de quelques espèces remarquables du patrimoine écologique (elles sont proportionnellement limitées en zones sèches), fait écho à la richesse qualitative de ces espèces.

► Ainsi, les élèves sont invités à prendre note des qualités nutritives de leur plante mascotte qui, dans de nombreux cas, sont exceptionnelles.

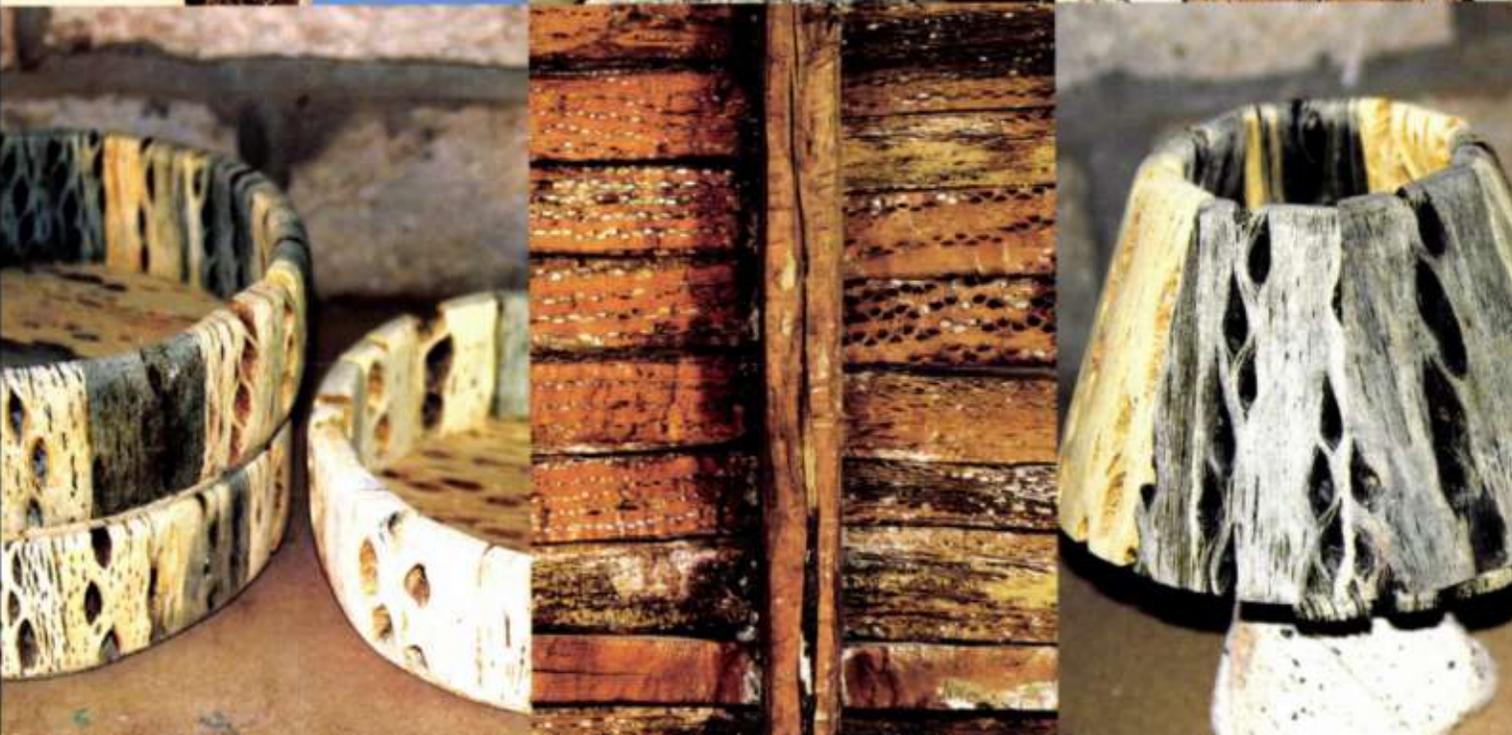
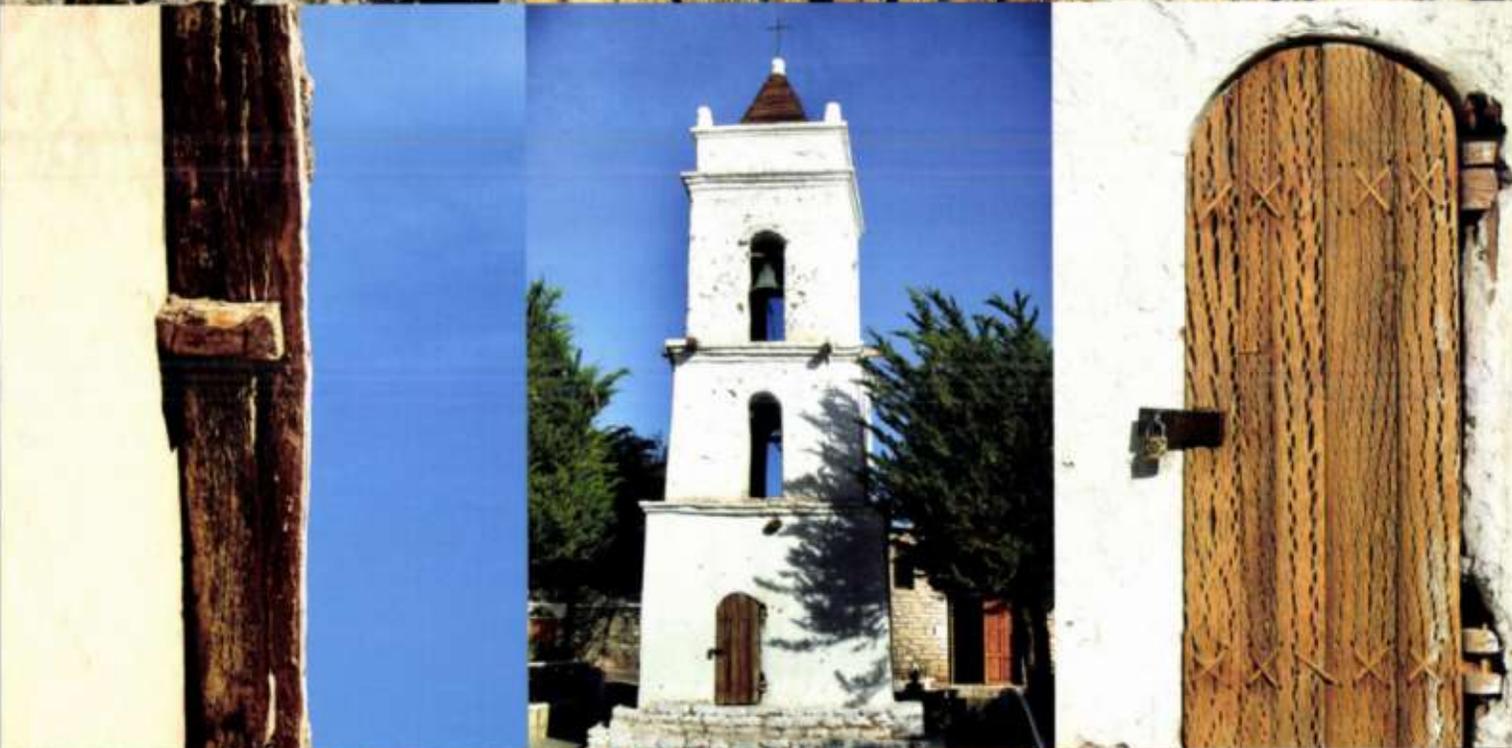
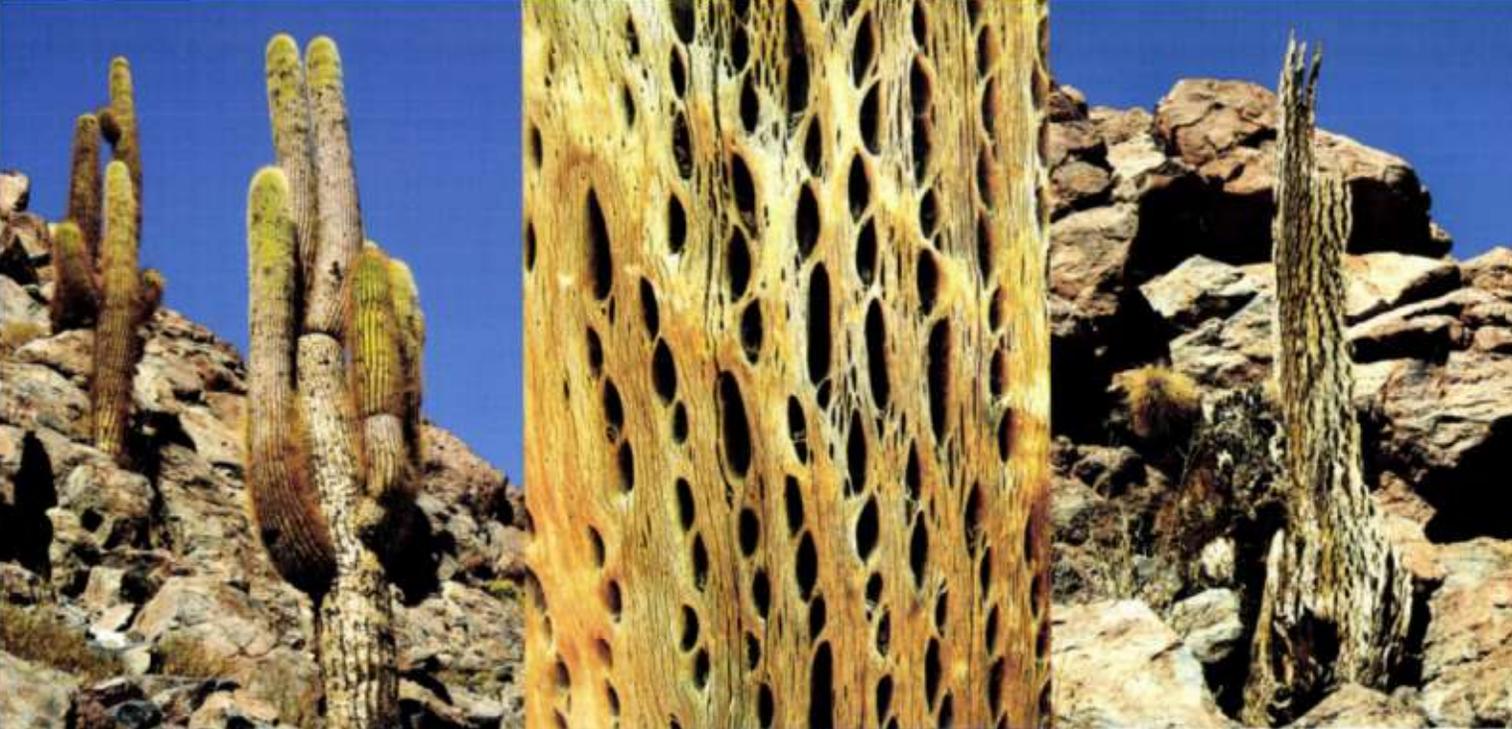
► À ce sujet, le professeur recherche le contact et l’échange avec un fin connaisseur des plantes locales et de la diététique.

- La teneur de l’orange en vitamine C est de 57 mg/100 g alors que celle du fruit du baobab est de 360 mg/100 g et celle du fruit du jujubier (*Ziziphus mauritiana* autrement appelé *Ziziphus jujuba*) est de 1000 mg/100 g.

- Les feuilles de *Balanites aegyptiaca* sont source de calcium à hauteur de 3700 mg/ 100 g et quelques feuilles sèches de baobab (*Adansonia digitata*) – 33 g environ – couvrent les besoins journaliers d’un individu en calcium.

- Les feuilles de baobab sont également riches en protéines et sont souvent consommées fraîches, à l’état de jeunes pousses. Particulièrement précieuses en nutrition, elles sont séchées pour être conservées plus longtemps et utilisées sous forme de condiments avec diverses sauces. Un usage perspicace du condiment !

- La pulpe des fruits de baobab produit des boissons riches en vitamine B1 et la farine des graines contient jusqu’à 48% de protéines, ce qui en fait un aliment infantile hautement recommandable ! On peut comparer cette dernière, lors d’observations parallèles, avec la farine extraite du palmier *Washingtonia filifera* au Mexique dont les fruits aux excellentes qualités nutritives sont également moulus.



► Ainsi, les élèves étudient le rôle nutritionnel de leur plante mascotte et le précisent sur de petites étiquettes accompagnant les échantillons exposés.

- Quand la consommer à meilleur escient ?
- En complément de quels autres aliments ?
- Son usage alimentaire peut-il être encore développé ou interprété plus précisément ?
- Peut-elle aider à contrecarrer la malnutrition infantile ?
- Est-elle un aliment de complément intéressant, comme la gomme arabique issue d'*Acacia senegalensis* ou d'*Acacia nilotica*, aliment de base des cueilleurs de la brousse qui pourrait servir d'aliment de complément répandu, du fait qu'elle accroît la synthèse des vitamines ?
- La plante mascotte peut-elle être utilisée comme aliment de substitution en période de famine ? Peut-elle être conditionnée et conservée ? Est-elle suffisamment résistante à la sécheresse ?

► Conseillé par le spécialiste des plantes, le professeur en profite pour actualiser les connaissances sur les aliments de substitution ?

Ces aliments sont souvent peu appétissants, en comparaison des feuilles et des fruits que l'on a l'habitude de prélever car ils nécessitent des préparations compliquées de trempage et de cuisson. Il est cependant essentiel, sur ce point, de rappeler leur existence et l'évolution des usages et des connaissances à leur sujet.

► Pour clore ce développement, et si la classe dispose d'un appareil photo, les élèves photographient leur exposition : ils réalisent des gros plans sur les récipients contenant les échantillons et des vues générales de la présentation, étiquetée et légendée avec soin.

4. Mettre en valeur d'autres utilisations de la plante dans l'artisanat

► Guidés par le professeur, les élèves poursuivent l'identification et l'exposition des services fournis aux hommes par la plante. Pour chaque cas, ils déterminent la meilleure façon de montrer le mode d'utilisation fait de la plante à travers les procédés adoptés, les savoir-faire requis et les résultats.

► Les élèves mesurent à quel point l'utilisation traditionnelle des ressources végétales pour la construction et l'artisanat est élaborée.

Les populations sélectionnent une plante plutôt qu'une autre en fonction de ses qualités spécifiques. Quand l'état des peuplements végétaux le permet, la population choisit entre plusieurs essences une plante particulière, pour la densité ou la dureté de son bois, pour la qualité de son exsudat ou de sa résine, pour sa richesse en tanins.

Les élèves associent leur plante mascotte aux objets et aux produits qui sont extraits de la plante, ainsi qu'à la spécificité des éléments obtenus.

- *Balanites aegyptiaca* qui est un arbre au bois dur, solide, imputrescible, est utilisé pour fabriquer des poutres de charpente et des outils d'usage quotidien, comme le pilon, les manches de hache, de couteau ou d'outils aratoires comme l'iler.

- *Commiphora africana*, une plante de la famille des Burséracées est associée à de volumineux objets, comme la selle de dromadaire, de cheval ou le bol à traire, car elle produit un bois léger, maniable, facile à transporter et apprécié dans la confection de meubles ou d'objets de grande taille.

- Le kinkéliba (*Combretum micranthum*), au bois tendre et facile à travailler, est associé à la fabrication d'objets moins massifs, plus perfectionnés, comme les chaises ou les pièces de traverses et accessoires de lits.

À chaque objet correspond une plante ou une qualité de bois particulière, largement reconnue par la population.

► La plante choisie par les élèves est d'autant plus « mascotte » qu'elle est source multiple de fabrication.

- Ainsi, *Balanites aegyptiaca* sert également à fabriquer du savon obtenu par frottement, après trempage des noyaux et de lambeaux d'écorce dans l'eau.
- Le savon peut aussi être obtenu à partir d'huile d'olive extraite de l'olivier *Olea europaea*. La technique et le procédé de fabrication ont été repris et développés dans le cadre du projet scientifique international SUMAMAD (Sustainable Management of Marginal Drylands), par l'unité de recherche de la réserve de biosphère *Dana* en Jordanie, l'un des neuf sites du projet.
- La colle est extraite de la résine de *Commiphora africana* citée auparavant, et l'encens est également dérivé de la résine de ce gommier.

Commiphora africana se trouve à l'origine de pratiques socioculturelles plurielles qui vont de l'artisanat et la fabrication d'objets à la pratique de rites comme brûler de l'encens favorisant ainsi l'éveil d'un sentiment religieux.

► Les élèves ramènent de chez eux des objets, des ustensiles, des produits d'entretien, des produits de cosmétique, de pharmacopée et de culte, tous issus de leur plante mascotte et les exposent, même peu de temps, en association avec des illustrations de la plante (croquis, peintures, photos) et des dessins explicatifs de procédés de fabrication.

► Le professeur met en valeur la juxtaposition entre l'objet fini, le produit dérivé, et la matière première qui est la plante prélevée dans la nature.

L'objet instaure un cycle, un rapport triangulaire entre:

- la nature d'une part;
- l'homme d'autre part, dont les mains et l'esprit ont façonné, peaufiné l'objet afin de s'en servir et de le manipuler tous les jours;
- l'objet lui-même, qui réunit l'homme et la nature par sa fabrication.

► Le professeur interroge:

Les objets ou produits fabriqués à partir des connaissances et des ressources locales ne sont-ils pas, dans certains cas, préférés à ceux obtenus de manière industrielle?

• Dans la mesure où le pilage n'est pas une corvée quotidienne qui incombe aux femmes et ne leur laisse pas le temps de fréquenter l'école ou de suivre une formation – la farine de céréale pilée au mortier n'a-t-elle pas meilleur goût que celle produite de façon industrielle?

• Le lait n'a-t-il pas meilleur goût quand il est conservé dans un bol en bois ou unealebasse plutôt que dans un récipient en plastique ou en métal?

Pour de nombreux peuples pastoraux africains, le travail du lait se fait dans des végétaux et de strictes mesures d'hygiène y sont rattachées. Laalebasse est à l'origine une cucurbitacée, souvent il s'agit de la courge-bouteille (*Lagenaria siceraria*).

5. Examiner le type de prélèvement qui est fait de la plante mascotte localement

► Le professeur résume les constats dressés jusque là:

• Les savoirs traditionnels peuvent contribuer à la préservation de la diversité biologique puisqu'ils permettent de faire un usage cohérent, circonstancié et adapté des ressources végétales locales, en fonction des besoins de la population. Comment, dès lors, organiser le prélèvement des ressources afin de garantir et d'améliorer le bien-être de la population?

• Quand l'équilibre est rompu entre les besoins de la population et la capacité des ressources naturelles à se régénérer, le rôle des savoirs traditionnels, garants de la biodiversité, est délaissé.

► Il poursuit l'analyse:

Dans de nombreuses zones arides, l'équilibre est rompu du fait de plusieurs facteurs:

- la pression démographique ne cesse de croître et augmente les besoins;
- le changement climatique se traduit par une sécheresse accrue depuis plusieurs années;
- l'exploitation abusive des arbres pour la production de bois de chauffe et pour les besoins fourragers est un facteur **anthropique** (causé par l'homme) particulièrement néfaste.



83

82. Plantation d'oliviers (*Olea europaea*), vallée Khanasser, Syrie, 2006
©Thomas Schaaf

83. Groupe d'enfants, vallée Khanasser, Syrie, 2006
©Hélène Gille

84. Pains de savon réalisés à partir d'huile d'olive, Réserve de biosphère de Dana, Jordanie, 2006
© RSCN, Jordanie

85. Olivier planté dans une cuvette creusée dans la terre, Syrie, 2006
©Thomas Schaaf



84



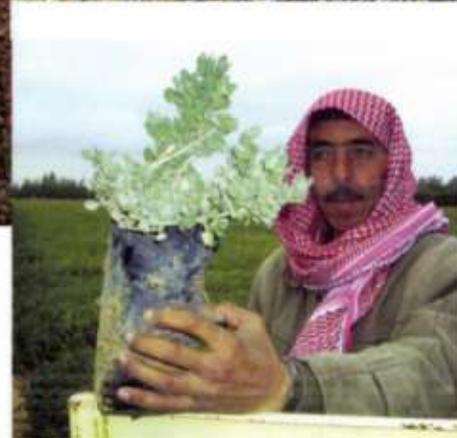
86. Cultures intercalaires d'orge associé à *Atriplex halimus*, vallée Khanasser, Syrie, 2006
©Hélène Gille

87. Agriculteur tenant un plant d'*Atriplex halimus* en sachet, Syrie, 2006
©Hélène Gille



88

88. Plant transplanté d'*Atriplex halimus*, vallée Khanasser, Syrie, 2006
©Hélène Gille



87

► Sous l'impulsion du professeur, la classe s'interroge:

La plante mascotte est-elle utilisée comme bois de chauffe ou est-elle une source d'alimentation pour le bétail?

La plupart des plantes mascottes évoquées dans l'activité le sont.

Exemples:

Le stipe du palmier dattier, qui fournit un excellent bois de construction pour les chevrons ou les montants de porte, est aussi un combustible très apprécié dans les régions où les arbres sont rares.

Dans certaines régions d'Amérique centrale, les agriculteurs ont recours au figuier de Barbarie pendant toute l'année pour compléter la ration alimentaire du bétail, car les raquettes sont riches en protéines.

► Les élèves font le même constat pour les plantes mascottes d'origine sauvage: les espèces ligneuses constituent un appoint alimentaire crucial pour le bétail quand les herbacées sont rares et peu nutritives.

Exemples:

En Afrique sahélienne, les gousses d'*Acacia albida* (*Faidherbia albida*) représentent 30 à 45 % de la ration de fourrage et on les vend sur les marchés régionaux comme reconstituants pour les animaux affaiblis.

Les feuilles du « savonnier » (*Balanites aegyptiaca*) sont très appréciées du bétail et l'arbre est très souvent émondé à des fins fourragères.

► Progressivement, le professeur amène les élèves à examiner le prélèvement qui est fait de la plante mascotte par la population locale.

Quelle est la situation sur le terrain? Souvent, le prélèvement des végétaux est supérieur à la capacité de régénération de ces plantes.

6. Identifier les formes de prélèvement, de production et de diffusion de la plante qui sont néfastes pour l'écosystème

► Le professeur reprend les exemples d'espèces qu'il vient de mentionner et cite des cas où une espèce (comme *Balanites aegyptiaca*) est émondée plusieurs fois dans la même saison et où la quasi-totalité du feuillage des arbres est prélevé.

- Ces prélèvements sont néfastes pour la conservation de l'espèce qui fait face à plusieurs sources de prélèvement et subit une pression trop forte. La régénération de peuplements entiers est alors menacée. C'est le cas de *Balanites aegyptiaca*, dont le feuillage est prélevé pour la consommation humaine, pour la consommation animale et la production de bois de feu et de charbon.

► L'enseignant confirme ce constat :

Les spécimens de *Balanites aegyptiaca* dont les pieds ont de gros diamètres sont devenus rares.

► Les élèves font la distinction suivante :

- D'autres prélèvements sont néfastes directement pour les individus qui constituent l'espèce : l'écorçage entier du tronc d'arbres comme *Adansonia digitata* ou *Acacia seyal*, afin de prélever des fibres de cordage, rend la plante vulnérable à l'aridité du climat, aux insectes et à la difficulté d'alimentation hydrique (le xylème est endommagé, la plante finit par se dessécher).

- Enfin, certains prélèvements sont directement préjudiciables aux écosystèmes :

Pour la production de charbon de bois par exemple, les prélèvements sont immesurés, la plupart des espèces initialement présentes peuvent disparaître. Quand le prélèvement est intense et généralisé, non seulement la biomasse diminue, mais également le nombre d'espèces répertoriées et la diversité génétique.

Certaines espèces comme *Adansonia digitata* ont ainsi du mal à se régénérer car elles ne bénéficient plus du couvert végétal de la strate inférieure, constituée de plantes basses et d'arbustes épineux.

► Si la plante mascotte est une espèce cultivée, le professeur interroge :

- Est-elle introduite de manière durable ?

- A-t-on choisi d'étendre des surfaces en cultures afin de cultiver la plante mascotte ?

- A-t-on détruit des ressources forestières et parfois même un écosystème pour procéder à sa plantation ?

Exemple :

Au Sahel, dans certaines régions, la brousse tigrée recule devant le développement de cultures vivrières diverses, disséminées çà et là dans le paysage.

- S'il s'agit d'une céréale cultivée intensément, a-t-on pris soin de l'associer à une espèce vivace en privilégiant des cultures intercalaires ?

Exemple :

Le site syrien du projet SUMAMAD situé dans la vallée *Khanasser* et co-géré par ICARDA, mène une recherche active sur la culture intercalaire de l'orge associé à une **plante saline vivace** : *Atriplex halimus*. Cette dernière permet de protéger la culture de céréale des vents desséchants et maintient les sols en place. L'association des deux espèces permet d'augmenter la quantité de fourrage disponible et surtout de renforcer la diversité des espèces présentes.

► Enfin, l'enseignant conclut par une dernière série de questions :

La culture de la plante mascotte est-elle répandue de manière durable dans l'écosystème ?

- S'agit-il d'une espèce issue d'un cultivar, c'est-à-dire d'une variété produite par des techniques horticoles et qui n'est pas représentée dans les populations sauvages ?

- S'agit-il d'une espèce étrangère en ceci qu'elle est introduite là en dehors de son aire de répartition originelle ?

- Si tel est le cas, sa diffusion dans l'écosystème est-elle bien encadrée ?

Une espèce étrangère envahissante est une espèce introduite qui croît et se dissémine de façon rapide, à tel point qu'elle fait concurrence aux espèces autochtones et peut être difficile à contrô-

ler, en particulier si le nouvel écosystème n'est pas pourvu de prédateurs ou d'agents pathogènes issus de son aire de répartition d'origine.

Exemple :

Le figuier de Barbarie, grand cactus vivace, peut se diffuser rapidement dans le paysage et a pu, dans le passé, en tant qu'espèce introduite, véritablement « infester » les écosystèmes de certaines régions d'Australie, d'Afrique occidentale ou d'Afrique du Sud. Seule la lutte biologique, par l'introduction de parasites, a pu réduire sa prolifération.

► Pour clore la phase d'interrogation critique, la classe parvient à ce questionnement : la plante mascotte peut-elle être une mascotte si elle n'est pas prélevée, produite et diffusée de manière durable dans l'écosystème ?

7. Rencontrer les professionnels de l'environnement et poser les bases d'un projet commun de gestion durable des ressources naturelles

► Parvenue à cette réflexion et sous l'impulsion du professeur, la classe crée les conditions d'une rencontre avec les personnes ressources, acteurs et décideurs parmi la population, qu'ils soient agriculteurs, éleveurs, forestiers, artisans ainsi que des chercheurs de la communauté scientifique, des ingénieurs forestiers, des ingénieurs agronomes.

► Les élèves montrent et commentent leur exposition aux professionnels de l'environnement. Ils font visiter les différents stands réalisés autour de la plante mascotte.

► Le groupe de travail constitué des élèves, des professeurs et des personnes ressources réfléchit ensemble aux facteurs et aux comportements qui engendrent l'irresponsabilité dans la gestion des ressources naturelles, en particulier dans la gestion de la plante mascotte.

► Chacun des protagonistes expose son point de vue :

- Les éleveurs nomades, souvent charbonniers en Afrique, recherchent des quantités importantes de bois afin de générer des ressources monétaires parallèles et immédiates.
- Les éleveurs de grands troupeaux sont en quête incessante de biomasse herbacée. Hors saison des pluies, ils trouvent peu d'herbe à brouter et se « rabattent » sur le feuillage des arbres pour nourrir leurs bêtes. Ils laissent aussi paître leur bétail dans les champs cultivés, ce qui nuit aux agriculteurs et provoque rapidement des conflits.
- Les forestiers souhaitent optimiser la régénération des espèces ligneuses.
- Les agriculteurs vivent de l'exploitation des sols et subissent directement les conséquences de la dégradation des terres ou des variations climatiques. Ils assistent souvent au piétinement de leurs champs par les troupeaux, à l'appauvrissement des sols dû à la disparition des espèces à fortes fonctions écologiques. Ils causent eux-mêmes la disparition des espèces et la désertification en cultivant ou utilisant les terres de manière non adaptée (extension des surfaces cultivées, diminution des surfaces en jachère, monoculture...).
- Le point de vue des villageois sédentarisés compte également. Ils recherchent du bois, prélèvent massivement au même endroit, trop près des villages. Ils déciment souvent les ressources pour leur bénéfice immédiat.

► Les acteurs du débat engagent leur responsabilité devant la classe afin d'élaborer un projet commun qui crée les bases d'une situation plus équitable et durable pour tous (cf. activité suivante : *Le jardin expérimental*, p. 120).

Les chercheurs, secondés par le professeur et les élèves, sont les modérateurs du débat.

► Ensemble, le groupe de travail tente d'élaborer des réponses et de proposer des solutions à des questions souvent « brûlantes », dont quelques-unes peuvent être formulées ainsi :

- L'entretien des peuplements de la plante mascotte passe-t-il par de nouvelles plantations de l'espèce ?
- Faut-il limiter le nombre d'animaux d'élevage dans l'écosystème environnant afin d'éviter le surpâturage ?

- Quelles solutions de remplacement peuvent être envisagées ?
- La gestion écologique passe-t-elle par la gestion du territoire ?
- Faut-il différencier une zone d'élevage (où le pâturage et la régénération de la couverture herbacée seraient privilégiée) d'une zone de développement des ressources forestières et de production de bois ainsi que d'une zone de cultures ? Faut-il créer des couloirs de passage pour les bergers et leurs troupeaux ?
- Faut-il imaginer plusieurs zones réservées au prélèvement rationnel de la population (cueillette, besoins de bois de chauffe, de bois d'œuvre, de fibres) ?
- Faut-il garder un certain pourcentage d'arbres dans les zones cultivées ?
- Faut-il surtout éviter la monoculture et introduire une rotation adéquate des cultures à l'ombre des arbres ?
- Faut-il limiter l'extension des cultures ?
- Faut-il limiter les plantations d'espèces ligneuses cultivées ?
- Faut-il limiter et contrôler, dans le temps, les plantations d'espèces introduites ?
- Faut-il réintroduire des **plantes vivaces** ?
- Faut-il entretenir la végétation spontanée en ménageant des zones de conservation intégrale dans l'espace des écosystèmes ?

89. Berger et son troupeau de chèvres, Sahel
© UNESCO-MAB



07 Le jardin expérimental

Niveau
avancé

Lieu 
à l'extérieur

Durée
sur plusieurs saisons au rythme
de la croissance des végétaux,
patience, patience...

Objectifs

1. Connaissances et compréhension

Élaborer sur plusieurs années – dans le cadre de la **Décennie pour l'éducation en vue du développement durable** – un jardin expérimental qui soit pour l'école entière, un lieu-test de plusieurs actions développées en matière de protection de l'environnement.

Reconnaître les qualités des espèces végétales vivaces et savoir les mettre à profit dans la conservation des écosystèmes naturels, semi-naturels et agricoles.

2. Aptitudes

Acquérir une forme de compétence pratique et technique du jardinage et de l'agroforesterie et savoir valider son expérience au contact de professionnels de l'environnement.

Remarques et suggestions :

La formation d'une équipe de plusieurs professeurs, issus parfois d'écoles différentes, est particulièrement conseillée pour cette activité. À partir d'une initiation aux bases générales de la protection de l'environnement, les professeurs développent un projet concret d'enseignement à partir du jardin. Ils veillent à ce que le concept de **développement durable** soit inscrit et en action au cœur du projet en formant les élèves à se mobiliser à long terme, pour leur propre bénéfice mais également pour le bénéfice des élèves et des générations futurs. Le jardin expérimental est élaboré en relais d'un programme de gestion du territoire, initié lors de l'atelier précédent. Il est ainsi lié aux différents sites choisis par les décideurs locaux pour mener des actions pilotes en matière de protection de l'environnement. Les classes de l'école vont « naviguer » entre le lieu-test qu'est le jardin expérimental, et des espaces cultivés par les professionnels, à échelle réelle.



90. Culture de plantes basses dans la palmeraie, *Béni-Abbès*, Algérie, 2003
©Michel Le Berre



91. Agroforesterie associant la culture d'arbres et d'espèces herbacées, Sahel
© UNESCO-MAB

Déroulement

1. Comprendre les initiatives lancées localement pour la protection de l'environnement

► Les professeurs se réunissent avec les professionnels de l'environnement qu'ils soient acteurs ou décideurs dans la communauté, agriculteurs, éleveurs, forestiers, sages ou personnalités influentes, ingénieurs, étudiants et éducateurs. L'équipe enseignante s'informe sur les initiatives prises en matière de protection de l'environnement et faisant suite au lancement du programme de gestion du territoire dont le principe et les bases conceptuelles ont été adoptées au préalable. Ces initiatives peuvent être diverses :

- Améliorer le rendement des cultures annuelles en cultivant, en association, des plantes vivaces comestibles (d'origine naturelle) aux multiples fonctions écologiques ;
- Fertiliser une zone de terre dégradée et caillouteuse par l'introduction de l'arboriculture, élaborée en pépinière et de l'horticulture ;
- Régénérer les ressources forestières et créer une zone de prélèvement rationnel des produits forestiers pour la population : bois d'énergie, fruits, graines et plantes médicinales ;
- Régénérer la strate herbacée et procurer des herbages aux animaux sur une zone d'élevage ;
- Développer une zone contrôlée de production de bois pour la construction et l'exploitation, sans épuiser les ressources naturelles par des défrichements et des coupes ;
- Introduire des cultures en forêt sans pour cela abattre des arbres grâce à l'agroforesterie ;
- Empêcher l'ensablement des oasis, et stabiliser les dunes, grâce à un système de brise-vent et de barrage vert, composé de plantations diverses d'herbes, d'arbustes et d'arbres.



92



93

92. Agricultrices procédant au séchage des graines d'*Atriplex halimus*, vallée *Khanasser*, Syrie, 2006
©Hélène Gille

93. Experts scientifiques du projet SUMAMAD dans la pépinière, vallée *Khanasser*, Syrie, 2006
©Thomas Schaaf

Dans tous les cas, il est question de planter ou de semer des espèces végétales, de savoir entretenir, sélectionner et utiliser des plantes vivaces, comestibles ou non, particulièrement adaptées aux différents milieux des écosystèmes arides.

► Les enseignants reçoivent une formation auprès des professionnels de l'environnement. Ils apprennent à enrichir les sols, à fabriquer du compost, à sélectionner des semences, à cultiver des plants, à les repiquer, à créer une pépinière scolaire, à prendre soin d'un verger sauvage.

Exemple :

Dans le cadre de l'action menée par le site syrien du projet SUMAMAD, dans la vallée *Khanasser*, facilitant l'étroite collaboration entre les autorités locales, les agriculteurs ou éleveurs et les chercheurs d'ICARDA, on peut imaginer que les acteurs de la communauté impliqués transmettent certaines connaissances pratiques à une équipe d'enseignants.

Aidés par des « facilitateurs » qui font le lien avec les agriculteurs et expliquent le bien-fondé du projet de jardin expérimental, les enseignants sont formés à la technique des cultures intercalaires associant une céréale à une plante vivace comme *Atriplex halimus*. Ils pourront ensuite répliquer un essai de cette technique, à l'échelle du jardin, avec les élèves.

► Une fois formée, l'équipe enseignante se réunit et élabore les axes d'action du projet pédagogique lié au jardin.

► Ensuite, l'ensemble des acteurs du projet se réunit : élèves, enseignants, éducateurs, professionnels de l'environnement, chercheurs, directeur d'ONGs locales et on informe les élèves des actions entreprises par la population en matière de sauvegarde de l'environnement et de maintien des écosystèmes.

► Tout le groupe détermine ensemble l'emplacement du jardin expérimental : Son périmètre est choisi en fonction des peuplements de plantes vivaces à fortes fonctions écologiques (permettant de préserver les ressources en eau et en nutriments) et, si possible, de plantes comestibles pour les hommes et les animaux.

Trouver un terrain regroupant plusieurs espèces n'est pas toujours chose facile, mais il est important de pouvoir bénéficier de la présence d'au moins quatre ou cinq espèces, afin de mener certaines expérimentations.

Exemples :

En région sahélienne, il serait intéressant de pouvoir disposer « d'un échantillon » de quatre à cinq plantes parmi les espèces suivantes :

Balanites aegyptiaca, *Maerua crassifolia*, *Panicum turgidum*, *Adansonia digitata*, *Boscia senegalensis*, *Acacia seyal*, *Acacia tortilis*, *Faidherbia albida*, *Andropogon gayanus*, *Ziziphus mauritiana*, *Ziziphus spina-christi*, *Vitellaria paradoxa*, *Tamarindus indica*.

En Amérique latine, les buissons de créosote (*Larrea divaricata*, *Larrea tridentata*), *Opuntia ficus-indica*, les mesquites pour leurs fruits (*Prosopis chilensis*, *Prosopis pubescens*), *Washingtonia filifera*, des espèces d'agaves et de yuccas.

Le site du jardin expérimental est également intéressant s'il comprend un point d'eau.

► Après une visite détaillée du site choisi, l'équipe enseignante, secondée par les acteurs du projet, présente aux élèves le thème des actions pédagogiques envisagées à partir du jardin :

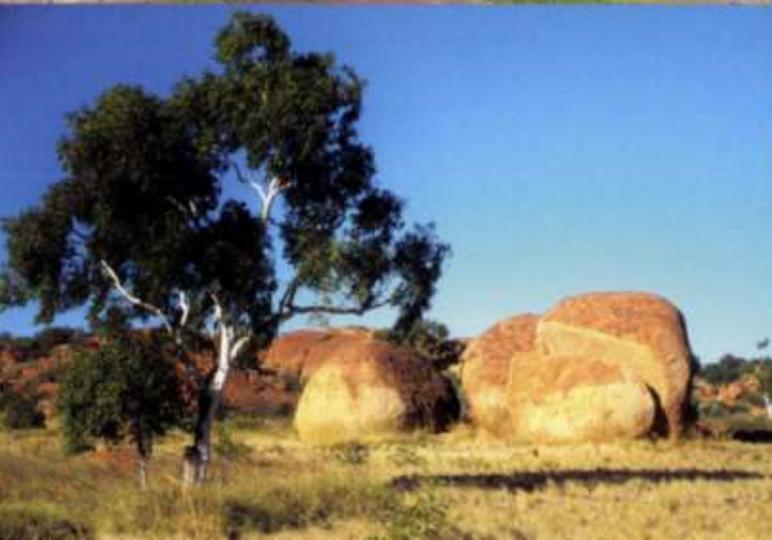
- Étude des principales espèces indigènes vivaces dans leur milieu ;
- Pratique des méthodes de semis, de plantation et de repiquage ;
- Création et entretien d'une pépinière ;
- Fertilisation des sols ;
- Association d'espèces ligneuses indigènes à la culture d'espèces herbacées, à l'horticulture et aux cultures annuelles ;
- Entretien d'un écosystème forestier naturel et prélèvement des produits ;
- Travail de régénération d'une prairie ;
- Production de bois dans un écosystème naturel ;
- Protection des cultures par différentes techniques : brise vent, barrage vert, haie, abri contre le soleil ;
- Introduction de plantes rares et endémiques dans un biotope approprié.

2. Répertoire des espèces indigènes remarquables dans un contexte élargi, débordant du périmètre du jardin

► Secondés par le professeur, les élèves se lancent dans l'examen approfondi des principales espèces indigènes, ligneuses et herbacées, issues de la végétation naturelle, dans leur environnement.

► Ils s'interrogent d'abord sur les caractéristiques climatiques et pédologiques de la région :

- La région se situe-t-elle en zone aride ou très aride (moins de 150 mm de précipitations annuelles) ?
 - Ou plutôt en zone semi-aride (de 300 à 600 mm ou plus de précipitations annuelles) ?
 - Se rendant sur le terrain, élèves et professeurs examinent la nature du substrat, de la roche mère, en des endroits différents.
 - Est-ce une roche calcaire, siliceuse ? Est-ce une roche gréseuse par endroits ? Une roche saline ?
 - Quelle est la texture des sols, la texture des produits de dégradation de la roche mère ? Les sols sont-ils plutôt sableux, limoneux, argileux ?
 - Repère-t-on des hamadas ou déserts rocheux ?
 - Des regs ou déserts pierreux ?
 - Des ergs ou déserts de sable ?
 - Peut-on repérer des lits d'oueds, des dépressions où les sols sont plus riches et où s'accumulent les eaux de ruissellement après la pluie ?
 - Peut-on repérer des étendues de sols argileux ? Des zones où le sol est riche en matière organique, en humus (produit de la décomposition de matières organiques animales et végétales) ?
- Les élèves connaissent bien le contexte de précipitations réduites et de forte chaleur propre aux écosystèmes arides.



Sur les lieux qu'ils parcourent, ils tentent d'évaluer le degré de tolérance des plantes à la rareté de l'eau, à l'exposition au soleil, et précisent les ressources et les conditions de ces milieux auxquels elles appartiennent.

Les sites observés sont-ils fortement exposés à l'ensoleillement ou plutôt ombragés? Quelle est la température maximale? Quelle est la nature du sol? Peut-on discerner un véritable biotope comme celui d'une mare ou d'un sous-bois? Un point d'eau est-il apparent ou existe-t-il des indices de présence de l'eau souterraine?

► Les élèves identifient les différents milieux puis répertorient les espèces correspondantes qui profitent des ressources et des conditions de chaque milieu identifié.

Exemples :

En région sahélienne, dans la zone aride, on peut repérer des espèces comme *Acacia tortilis* sur des regs caillouteux en des points très chauds.

Dans les dépressions et les lits d'oueds, on trouve une végétation également adaptée à la sécheresse, parfois extrême, comme *Acacia laeta*, *Balanites aegyptiaca*, des graminées comme *Panicum turgidum* (qui constitue une céréale sauvage), à nouveau *Acacia tortilis* et des espèces fruitières comme l'arbuste *Boscia senegalensis* qui peut produire une récolte sur un site très aride.

Dès que le niveau de précipitations augmente, on rencontre *Balanites aegyptiaca* sur des dunes stabilisées car, sous les dunes, les nappes phréatiques sont souvent présentes et accessibles aux plantes à racines profondes ; on y rencontre également *Panicum turgidum* et *Commiphora africana*.

Si la pluviométrie augmente encore, et que l'on entre en zone semi-aride, on trouve des tapis herbacés formés de *Panicum laetum* sur les sols argileux et une strate arborée comprenant *Ziziphus mauritiana*, *Acacia seyal* et *Faidherbia albida*, typique de la végétation naturelle des bords de mare et des cours d'eau.

En pleine savane arborée de la zone semi-aride, domine une unité de végétation comprenant *Combretum glutinosum* associé à *Acacia senegalensis* et *Acacia seyal* associé au baobab (*Adansonia digitata*), ainsi qu'une strate herbacée formée d'*Andropogon gayanus*.

3. Repérer les qualités écologiques, alimentaires et génératrices de revenus des espèces indigènes et envisager de les associer

► Parmi les espèces repérées, souvent vivaces ou pérennes car elles fleurissent et fructifient chaque année, les élèves distinguent :

- les plantes à fortes fonctions écologiques dans l'écosystème;
- les plantes comestibles fournissant une nourriture de qualité, voire goûteuse;
- les plantes productrices de matières premières ou générant des sources de revenus potentiels.

► D'un continent à l'autre, les élèves retrouvent certaines familles, comme les légumineuses, qui assurent des fonctions primordiales dans le développement des écosystèmes.

- *Acacia tortilis*, en Afrique, est une formidable pompe à eau remontant l'eau des profondeurs; l'espèce favorise également la teneur du sol en phosphore sous son feuillage.

- *Faidherbia albida* est très connue comme plante fixatrice d'azote et comme plante fertilisante des sols grâce à son action de recyclage des nutriments par la décomposition de sa litière et par la remontée des éléments minéraux en surface. C'est une plante qui offre une phénologie décalée et donc un ombrage et un fourrage apprécié en saison sèche et qui, grâce à un système racinaire puissant, s'alimente dans les nappes phréatiques profondes sans concurrencer les cultures. *Faidherbia albida* sert également de perchoir privilégié aux oiseaux et contribue ainsi à l'augmentation significative des rendements agricoles. C'est l'espèce de choix pour l'agroforesterie et tout système associant les arbres aux cultures et au jardinage.

- *Acacia senegalensis* et *Balanites aegyptiaca* renforcent également le flux d'azote sur les terrains qu'elles occupent; *Balanites aegyptiaca* possède des vertus dépolluantes des eaux et des terrains souillés grâce à ses racines.

- *Acacia polyacantha*, en retenant les éléments minéraux de ses feuilles au moment de leur chute, permet un fort recyclage de ces éléments.

► Les élèves repèrent encore d'autres plantes dites «écologiques» :

Ainsi, les plantes qui permettent de préserver l'eau sont également des plantes protectrices de l'environnement. Elles y parviennent de plusieurs façons :

- Elles ne nécessitent pas le soutien coûteux de l'irrigation en développant un système racinaire puissant qui leur permet d'atteindre les nappes phréatiques ou l'humidité restant dans le sol après la saison des pluies.

C'est le cas des légumineuses comme les acacias.

- Elles se contentent de l'eau pluviale en stockant l'eau dans leurs organes de réserve et l'économisent en régulant elles-mêmes leur transpiration.

C'est le cas des cactées comme *Opuntia ficus-indica*.

- Elles varient leurs besoins ou existent en interaction avec d'autres espèces pour l'utilisation de l'eau.

C'est le cas des herbes de la savane sèche arborée qui absorbent beaucoup d'eau en saison des pluies, produisent de la biomasse, entretiennent d'autres plantes basses et disparaissent, sous forme de vestiges vivants, en laissant l'eau qui reste aux arbres, quand le climat est très sec.

► Les élèves répertorient également les plantes de leur région permettant de stabiliser la terre, comme l'arbre de karité (*Vitellaria paradoxa*), dont le système racinaire très tortueux prévient bien de l'érosion en Afrique de l'Ouest, ou le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*) qui, planté le long des courbes de niveau, fixe les sols en pente dans les Andes.

► Une fois qu'ils ont étudié les espèces dites «écologiques» de leur région, les élèves s'attachent aux espèces comestibles, (ce peut être les mêmes), et aux espèces productrices de bois.

► Ils imaginent ensuite les meilleures combinaisons possibles entre espèces (qu'ils repèrent également dans la nature).

Quelle espèce fertilisante s'associe bien à une espèce comestible pour créer un verger sauvage ?

Exemples:

Acacia seyal et *Adansonia digitata*;

Faidherbia albida et *Ziziphus mauritiana*.

► Cette phase d'étude achevée, la classe est amenée à se poser des questions concrètes :

Comment régénérer un peuplement de plantes à fortes fonctions écologiques qui aurait tendance à diminuer et à disparaître ? En réintroduisant quelles plantes basses au pied des arbres ? En favorisant également quel type d'actions et de précautions de la part des hommes ?

4. Recentrer l'étude sur le site du jardin

► Une fois qu'ils ont repéré des associations fertiles de plantes dans la nature, les élèves dressent l'état des lieux du site de leur jardin, repèrent les plantes existantes et imaginent les expérimentations possibles.

► Pour les espèces comestibles à maintenir, régénérer ou introduire sur le site, les élèves s'appuient sur la dimension expérimentale et créative du projet et privilégient une ou plusieurs espèces favorisant le lien entre :

- écosystème naturel;
- santé, nutrition, bien-être physique;
- goût.

La saveur, le plaisir lié au goût du fruit et des aliments, en relation directe à l'écosystème naturel, est mis en avant par le jardin expérimental.



95. Dattes de *Biskra*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

96. Chameaux transportant des dattes, *Gabès*, Tunisie
©Michel Le Berre

97. Agriculteur récoltant des dattes, oasis de *Timimoun*, Algérie, 2002
©Olivier Brestin

98. Séchage d'abricots, région de *Cappadoce*, Turquie, 1989
©Michel Le Berre

99. Pastèques sur le marché, Ouzbékistan, 2005
©Michel Le Berre



100. De haut en bas : Séchage de blé, de manioc, de piments, Bénin, 2002
©Michel Le Berre

101. De haut en bas : Orangers chargés de fruits, Espagne, 1990
Citrons verts et orangers, Mexique, 2006
©Olivier Brestin et Michel Le Berre



102. Production de plants en pépinière, Soudan
© UNESCO-MAB

► On va y produire des espèces fruitières et des plantes potagères. Avec le temps, le jardin va devenir un lieu de dégustation directe et variée des saveurs agréables, et parfois surprenantes, de la nature. C'est un endroit où l'on va éduquer à des goûts délaissés ou oubliés et qualifier les nuances des saveurs douces, sucrées, douces-amères, amères, fortes, piquantes, acides...

► Ainsi, dans cet espace d'expérimentation, les élèves vont examiner les potentialités nutritives des plantes vivaces comestibles, et élaborer une recherche sur les façons d'accommoder un aliment afin d'en apprécier la saveur.

Selon les régions du monde, on pourra tester :

Les feuilles et les fruits de *Maerua crassifolia*, les fruits de *Boscia senegalensis*, les fruits savoureux des jujubiers (*Ziziphus mauritiana*, *Ziziphus spina-christi*, *Ziziphus nummularia*), les fruits goûteux, les feuilles et les graines des baobabs, les légumes prélevés d'espèces comme le néré (*Parkia biglobosa*) en Afrique, *Prosopis cineraria* ou *Euphorbia caducifolia* au Rajasthan, *Prosopis pubescens* ou *Tamarindus indica* en Amérique centrale, également les fruits et les cœurs de palmiers issus d'espèces semi-sauvages, comme le palmier nain (*Chamaerops humilis*), le palmier doum (*Hyphaene thebaica*) et le rônier (*Borassus aethiopicum*).

5. Élaborer une pépinière et apprendre à semer et produire de jeunes plants

► En amorce de la phase pratique, les élèves peuvent décider d'enrichir le peuplement du jardin en plantes fertilisantes et de planter, par exemple, de nouveaux spécimens d'acacias.

Remarque et suggestion:

Il est recommandé de procéder à la première phase de semis des graines en pépinière bien avant d'espérer mettre les jeunes plants en pleine terre.

Ainsi, pour les pays situés dans la zone intertropicale, les plants seront mis en pleine terre au début de la saison des pluies, de façon à favoriser une reprise des plants avant le début de la saison sèche.

► Après avoir récolté des graines mûres, extraites de gousses d'acacia pilées (ou de fruits mûrs pour toutes les autres espèces choisies), les élèves effectuent les semis directement en pots ou en sachets de polyéthylène.

Les pots sont des godets en terre cuite d'une dizaine de centimètres de diamètre ; les sachets sont d'environ 40 cm de long mais, bien que moins chers, peuvent être polluants.

► Les élèves ont préparé au préalable le mélange fertile contenu dans les godets, formé de sable et de terreau, aussi meuble que possible. Le terreau est composé de particules de roches érodées : argile, limon, sable, mélangées à de l'humus (matière organique décomposée).

Ils peuvent enrichir eux-mêmes la teneur du terreau en humus en fabriquant du compost (cf. ci-dessous).

► Ils entreposent les pots sur un terrain plat, protégés d'un trop fort ensoleillement et du vent. Lorsque les premières pousses apparaissent, elles sont desserrées : on ne garde que la plus vigoureuse dans chaque pot et on enlève les « mauvaises herbes ».

Afin d'atteindre 30 à 40 cm de hauteur et développer un système racinaire abondant, les plants sont régulièrement arrosés par les élèves, à tour de rôle.

► Alors que les pousses se développent, l'ensemble de la classe, élèves et professeurs, détermine les emplacements de la future plantation, en fonction des ressources et des conditions appréciées par l'espèce dans l'environnement.

La classe fait alors le choix de renforcer le peuplement de l'espèce dans le jardin ou d'introduire un nouveau peuplement (ou les deux).

6. Fertiliser la surface à planter et procéder au repiquage des plants

► En marge des activités d'entretien de la pépinière, les élèves apprennent à fabriquer du compost, afin d'enrichir la terre où les jeunes arbres vont être transplantés.

► Ils creusent un grand trou non loin de l'école et du site du jardin.

Ils y jettent des restes issus de travaux de jardinage et de cuisine : amas de feuilles mortes, « mauvaises herbes », épluchures de fruits et de légumes ; ils y ajoutent des crottes de chèvres, de dromadaires, la bouse du bétail. Ils peuvent compléter le mélange en ajoutant de la paille issue de récolte, recouvrent le tout d'une couche de terre et laissent reposer pendant plusieurs semaines.

► Les professeurs montrent aux élèves comment retourner et arroser le tas régulièrement afin que tout se décompose.

Au bout de quelques temps, on obtient un excellent compost !

► Dès que la décision est prise d'installer un nouvel arbre ou un arbuste à un endroit précis, les élèves défrichent le périmètre et creusent un trou assez grand (jusqu'à 50 cm de profondeur pour un arbuste et 80 cm pour un arbre).

Ils laissent le trou à l'air libre quelques jours afin d'aérer le sol en profondeur.

► Aidés par les professeurs, ils enrichissent ensuite la terre qui a été retirée du trou. Ils la débarrassent des cailloux et autres débris, ils la mélangent en quantités égales au compost qu'ils ont préparé. Le jour de la plantation, ils jettent un peu de cette terre au fond du trou pour qu'elle forme un dôme.

► Ils extraient le plant du pot en frappant tout autour de celui-ci, humidifient la motte, démêlent les racines, et installent le plant au milieu du trou, bien droit, en étalant les racines sur la terre tout autour.

Les professeurs veillent à ce que la partie supérieure des racines de l'arbre ou de l'arbuste se trouve à une dizaine de centimètres de profondeur.

► Ensuite, la classe s'occupe de remblayer ; on tasse avec la main ou le pied sans trop compacter le sol. Pour finir, on creuse une petite cuvette au pied de l'arbre et on arrose abondamment (10 litres environ).

7. Renforcer certaines associations d'espèces et régénérer l'écosystème forestier naturel

► Après avoir enrichi ou étendu le peuplement de plantes ligneuses fertilisantes, élèves et professeurs peuvent poursuivre leur action en associant des plantes comestibles aux plantes fertilisantes.

Il est pertinent, à ce stade, de régénérer une unité de végétation où deux espèces (fertilisante/comestible) cohabitent déjà dans l'espace du jardin.

Plusieurs individus, d'une espèce comestible choisie, sont élaborés en pépinière et introduits sur le même mode que précédemment.

Il s'agit en fait de renforcer l'écosystème forestier déjà existant, partiellement tapissé (à la saison des pluies) de plantes basses, de graminées et de fleurs, en introduisant de nouveaux spécimens fruitiers, et de voir ainsi émerger un verger sauvage dans le temps.

► Pour ne pas générer de perturbations, ni sur la biomasse, ni sur la composition floristique, les élèves peuvent densifier les peuplements sans avoir recours à la transplantation de plants élaborés en pépinière.

Ils peuvent tenter la méthode du semis direct qui permet d'introduire des plantes vivaces en semant les graines directement dans le sol, sans l'étape de la pépinière et le besoin coûteux de l'irrigation.

► Le professeur explique :

Les plantes vivaces semées directement tendent à produire un système étendu de racines assez rapidement, tandis que les racines des plants élevés en pépinière sont très vite à l'étroit dans les contenants (pots ou sachets en plastique). Cela signifie que les plantes semées par semis direct ont plus de chances d'atteindre l'humidité restant dans le sol à la fin de la saison des pluies que celles élevées en pépinière, grâce à leur système racinaire plus étendu. Elles sont donc plus tolérantes à la sécheresse.

► Ainsi, les élèves sélectionnent leurs semences.

Exemple :

Les graines de baobab (*Adansonia digitata*) qui sont viables peuvent être sélectionnées par un test de flottaison (celles qui sont vides flottent à la surface).

Avant de les semer, on peut les plonger cinq minutes dans l'eau bouillante, ce qui aide à « lever la dormance » (à savoir le ralentissement des fonctions physiologiques lorsque les conditions de croissance ne sont pas favorables).

► La plantation de graines de baobab, par exemple, se fait lorsque la saison des pluies est bien installée. Les graines germent au bout de trois semaines. Si les jeunes pousses sont bien entretenues (en leur assurant une bonne alimentation hydrique le temps que le système racinaire se développe jusqu'à la nappe phréatique), elles produisent de belles plantules, vigoureuses, et des arbres qui peuvent atteindre deux mètres en deux ans.

► Les élèves peuvent ainsi planter des baobabs, en respectant un espacement d'au moins 20 mètres entre les arbres afin qu'ils ne soient pas gênés dans leur croissance.

Ils plantent également d'autres espèces ligneuses comestibles ainsi que quelques graminées ou plantes basses à la base des troncs (cf. paragraphe suivant), et densifient ainsi la végétation du verger.

Il faudra cependant attendre plusieurs années avant de récolter les fruits du baobab par exemple, alors que la production de feuilles est exploitable plus rapidement, dans des limites que les élèves apprennent à reconnaître :

- Ils ne dérangent pas le couvert forestier et son milieu ombré indispensable à la reproduction sexuée pendant les périodes de floraison et de fructification.
- Ils procèdent à des cueillettes, à un prélèvement rationnel des produits forestiers qui est équitable pour chaque « jardinier » et réduit sur les jeunes sujets.



104

103. Maraîchage et champ de blé,
Iférouane, Niger, 1990
©Michel Le Berre

104. Bananeraie et palmiers,
bord du Nil, Égypte, 1984
©Michel Le Berre



103

- Ils vérifient la maturité de la plante, sa capacité à produire une nourriture de qualité, goûteuse et récoltable sans abîmer les parties de la plante vitales à sa croissance future.
- Ils observent des périodes de non-prélèvement et de conservation intégrale du verger, offrant à la pousse naturelle des temps de repos.

8. Régénérer cultures et prairies dans le jardin et les associer à des plantes ligneuses

- En dehors de l'espace protégé du verger, la classe tente des associations entre plantes ligneuses et culture d'espèces herbacées.
- Les élèves apprennent d'abord à densifier une strate très clairsemée de graminées comme *Panicum turgidum*, *Andropogon gayanus*, *Aristida pungens* ou le cram-cram (*Cenchrus biflorus*) en Afrique.
- L'équipe enseignante renseigne les élèves sur les herbacées vivaces qui, en un sens, « se déplacent » dans l'espace en changeant de point de fixation, d'année en année, sur le territoire.



105. Floraisons diverses et arbres fruitiers,
plateau de *Lella Setti, Tlemcen, Algérie, 2002*
©Olivier Brestin

La classe observe sur place comment les plantes herbacées se multiplient, par **bouturage** de proximité, en émettant des **stolons**. Le stolon est un mode de multiplication issu de l'affaissement des tiges et d'un enracinement de celles-ci dès lors qu'elles touchent le sol.

Les graminées ont ainsi la capacité de se reproduire autrement que par les graines, par ce qu'on appelle la **multiplication végétative**.

Une plante-mère émet des stolons qui rampent sur le sol et émettent à leur tour des pousses qui, avec le temps, vont se transformer en plantes autonomes.

Les élèves peuvent se pencher et mettre à nu la base d'une plante pour le constater.

► Ils procèdent à des essais de bouturage avec diverses plantes.

En Amérique centrale et Amérique latine, ils apprennent à créer de nouvelles plantes à partir des « raquettes » de diverses cactées ou de grandes boutures de tiges constituées de 4 à 5 cladodes qui se détachent facilement. Elles sont récoltées, séchées pendant quelques jours (afin d'éviter la pourriture), avant d'être directement plantées dans le sol.

► Pour véritablement régénérer une strate clairsemée de graminées ou une prairie, les élèves procèdent par semis.

► Ils recherchent d'abord des graines de fruits mûrs qu'ils prélèvent d'une strate herbacée de luzerne, de fabacées ou de graminées. Le mieux est qu'ils se réunissent pour les prélever directement à la main.

► Ensuite, ils les battent, les trient (à l'aide de tamis), les aèrent et les ventilent pour les sécher et les rendre fermes. Ils sèment ensuite les graines à la volée.

► Ils n'oublient pas de les semer au contact de plantes ligneuses fertilisantes afin que les pousses profitent des engrais organiques.

► Dans l'association toujours recherchée entre la végétation naturelle arborée et la culture de plantes basses, les élèves africains peuvent introduire des cultures annuelles de mil (*Pennisetum glaucum*), du sorgho ou, plus rare et à redécouvrir, des céréales sauvages comme l'*afezou* en langue touarègue (*Panicum turgidum*) et la *tullult* (*Stipagrostis pungens*).

Ces céréales sauvages sont utilisées, comme le mil, dans des préparations non cuites et on peut extraire de leurs graines une farine sauvage – à tester et apprendre à déguster.

► Les élèves réalisent également des semis de légumes gousses comme le haricot et plantent des bulbilles de bulbes comestibles comme l'oignon.

Les géophytes, ou plantes à bulbes, sont intéressantes en zones sèches car il en existe, selon les régions, une certaine variété d'espèces sauvages comme les iridacées du Sahara ou petits lis.

Ces plantes croissent à partir de bulbes souterrains qui en reproduisent de plus petits. On peut séparer les bulbilles et les replanter.

► Enfin, pour leurs essais d'horticulture, les élèves sèment également des graines de fleurs sauvages qu'ils extraient de capsules, ou prélèvent d'épis, quand ceux-ci sont bien mûrs ; ces graines donneront, à leur tour, de belles plantes fleuries la saison suivante.

► Ainsi, les élèves créent de petits parterres, des carrés fleuris, des tapis d'inflorescences sauvages et légères comme les fabacées (*Lupinus tassilicus*) qui seront, même brièvement (la floraison peut être brève), un plaisir pour les yeux !

9. Allier dimension scientifique et dimension esthétique dans le jardin

Dans l'emplacement des plantations, dans le choix des espèces introduites, leur taille, leur forme, leur couleur durant la floraison, dans les associations de plantes proposées, variation de couleurs et de tailles, étagement des strates, les élèves intègrent et interprètent l'embellissement de leur environnement.



106. Cultures de figuiers de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*), désert d'Atacama, Chili, 2006
©UNESCO/Olivier Brestin

107. Champs cultivés, région de Sidi-Bel-Abbès, Algérie, 2002
©UNESCO/Olivier Brestin

► Par des croquis préalables, ils prévoient et projettent l'association des couleurs, des formes et des tailles, et comparent ensuite avec l'existant, dans le temps.

► Par leurs plantations, dans le cadre scientifique et expérimental du jardin, les élèves impulsent des combinaisons plastiques et chromatiques, tout en laissant ensuite la nature reprendre le dessus. Du point de vue écologique, ils se situent dans le prolongement de l'action de la nature qu'ils accompagnent dans le temps.

Le jardin allie ainsi la dimension esthétique à la dimension pédagogique et scientifique.

C'est un espace d'expérimentation en agroforesterie, qui combine culture des arbres et culture d'espèces herbacées, visant ainsi à augmenter la biodiversité des écosystèmes agricoles, à préserver les écosystèmes semi-naturels et naturels, à en améliorer la fertilité, tout en maintenant et enrichissant les terres.

► Faisant l'expérience régulière du jardin, les élèves peuvent se rendre sur les différents sites d'action des professionnels de l'environnement.

Là, ils mettent leur expérience à profit, comparent les pratiques, découvrent les techniques à une autre échelle.

Ils peuvent ainsi valider leur propre expérience, continuer à s'informer et participer au débat en aiguisant leur sens critique.

Les professeurs engagés dans le projet du jardin, pédagogie en action, facilitent les échanges entre espace expérimental et espace professionnel. Ils encouragent les visites, les allées et venues entre les deux sites.

108. Différentes espèces issues de la végétation naturelle, Tenerife, îles Canaries, 2004
© Michel Le Berre



01

Poème de l'eau source de vie

Niveau 
simple

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
2 séances

Objectifs

1. Connaissances et compréhension

À partir d'une recherche documentaire et personnelle, menée par écrit, les élèves mesurent à quel point l'eau est source de vie dans leur culture et leur environnement quotidien. Ils mettent en valeur leur recherche en élaborant un texte ou un poème sur les différents aspects de l'eau ressource vitale.

2. Connaissances et compréhension

Suite à cette recherche initiale, la classe saisit mieux les principales fonctions de l'eau dans l'écosystème et établit un lien concret entre l'utilisation des ressources en eau et la nécessité d'une eau saine.

Déroulement

1. Aborder l'eau comme source de vie dans la nature et dans l'imaginaire

► Chaque élève réfléchit à ce que le terme « eau » évoque pour lui.

Quelles images lui viennent à l'esprit ?

Se désaltérer ? La source, la mare, le puits ? La corvée d'eau ? Le transport fluvial ? L'eau des crues, l'oued ou *wadi* gonflé d'eau, l'oued asséché ?

Chacun s'exprime sur son expérience quotidienne de l'eau, en particulier sur les difficultés liées au manque d'eau, à l'approvisionnement en eau, à sa gestion (rationnement et rationalisation de la consommation entre différents besoins).

► Le professeur demande ensuite aux élèves de se remémorer un moment vécu où ils ont découvert combien l'eau est source de vie, à travers ses vertus rafraîchissantes ou fécondantes.

Exemple :

- Goûter l'eau fraîche d'une source ;
- Découvrir un point d'eau peu profond, dissimulé sous la terre, quand le bétail est assoiffé ;
- Contempler une récolte, une fois la terre fécondée par les pluies ;
- Trouver le filet d'eau qui se cache sous un lit de feuilles mortes ;
- Pêcher dans une mare productive ou découvrir un marais riche en biodiversité.

► Le professeur rappelle l'importance de l'eau en tant que ressource vitale pour tous les organismes :

- L'eau est un élément, un flux, qui traverse tous les êtres vivants ;
- C'est une substance essentielle à leur croissance et régulatrice de leur métabolisme (de l'activité cellulaire et des processus physiologiques et biochimiques de l'organisme).

Exemple :

La croissance des plantes est tributaire de l'eau ; une tomate est constituée à 95 % d'eau.

L'être humain est composé à 70 % d'eau, comme notre peau. Cette proportion atteint 75 à 80 % pour notre cerveau.



1. Oued Ihérir,
Tassili N'Ajjer, Algérie, 2002
© Olivier Brestin

- La déperdition en eau par la respiration, la sudation et l'excrétion peut atteindre jusqu'à 10 litres certains jours (de fortes chaleurs).
- Cette déperdition doit être compensée : une personne ne peut survivre un mois sans manger, ni une semaine sans boire d'eau.
- De la même façon, les animaux ont besoin d'eau pour réguler leurs organismes, ainsi que les plantes, qui respirent et transpirent.

► Guidée par l'enseignant, la classe élargit la réflexion et constate que l'eau est source de vie sous tous ses aspects, qu'elle soit :

- Élément physique et objet d'investigations scientifiques ;
- Ressource naturelle remplissant d'importantes fonctions écologiques dans l'écosystème ;
- Élément relevant de l'imaginaire, au centre de nombreux mythes et symboles.

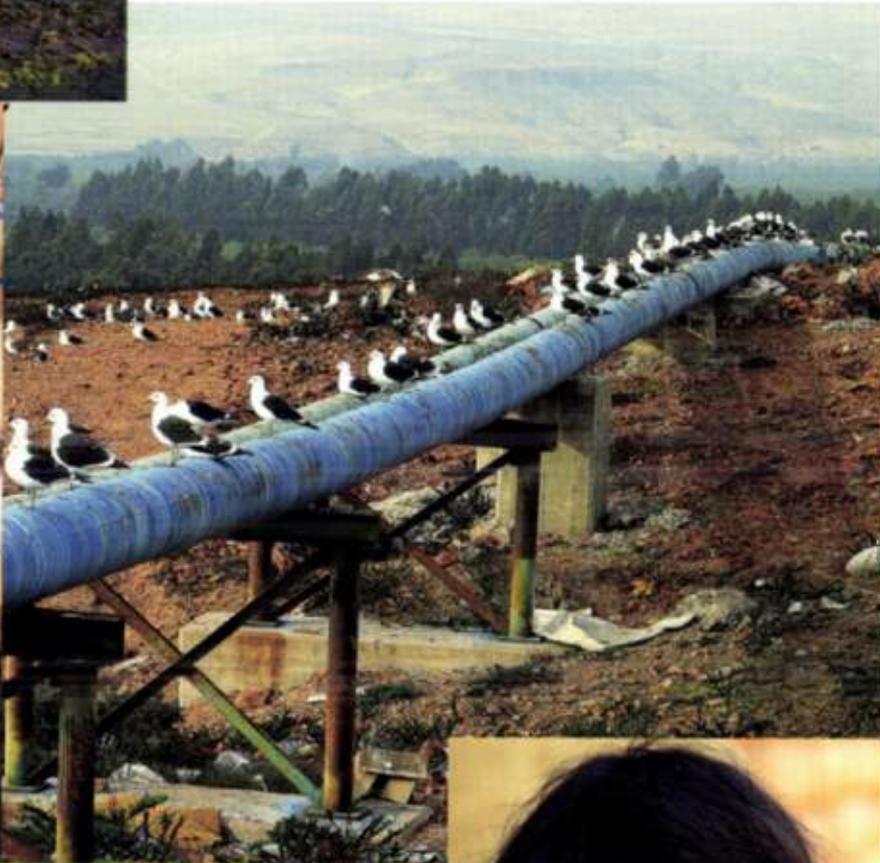
► Les élèves amorcent une recherche documentaire en privilégiant ces trois aspects de l'eau source de vie. Chacun rassemble une quantité de notes qu'il organise dans un cahier individuel prévu pour l'activité.

► Pour l'eau, élément physique et objet d'investigations scientifiques, les élèves, aidés du professeur, mettent en valeur le rôle de l'eau dans l'origine de la vie sur Terre.

Par des notes et des dessins simplifiés, réalisés à partir d'images scientifiques (observation au microscope) recherchées par l'enseignant, les élèves peuvent résumer l'évolution, depuis les protozoaires, bactéries, algues, apparues dans l'eau, il y a plusieurs milliards d'années. C'est à partir de ces micro-organismes unicellulaires (qui n'ont qu'une cellule) et sont invisibles à l'œil nu, que se sont développés des organismes pluricellulaires comme l'être humain.



2



3



4



6

2. Canards buvant dans le *Rio Viflana*, Chili, 2006

© UNESCO/Olivier Brestin

3. Goélands perchés sur une canalisation d'acheminement d'eau, région de *Huasco*, Chili, 2006

© UNESCO/Olivier Brestin

4. Cascade, Oued *Ihéir*, *Tassili N'Ajjer*, Algérie, 2002

© Olivier Brestin

5. Cheval, Parc National d'*El-Kala*, Algérie, 2002

© Olivier Brestin

6. Fillette *Tarahumara* se désaltérant, Mexique, 2006

© UNESCO/Olivier Brestin

5

Après cette première recherche, la classe a le choix :

► Une partie des élèves établit une liaison avec l'eau relevant de l'imaginaire, à travers mythes et récits liés à la création du monde et à l'apparition de la vie.

L'eau est présente dans de nombreux récits cosmogoniques que les élèves citent et décrivent dans de courts textes, dans leur cahier.

Exemple:

Dans la *Sourate Al Baqara*, verset 164, du Coran, l'eau est associée à la création du monde par Allah : « Certes la création des cieux et de la terre, dans l'alternance de la nuit et du jour, dans le navire qui vogue en mer chargé de choses profitables aux gens, dans l'eau qu'Allah fait descendre du ciel, par laquelle il rend la vie à la terre une fois morte et y répand des bêtes de toute espèce, dans la variation des vents, et dans les nuages soumis entre le ciel et la terre, en tout cela il y a des signes, pour un peuple qui raisonne ».

Dans la cosmogonie hindoue, le cycle créateur fait souvent référence à l'eau à travers les plantes aquatiques émergeant des eaux boueuses: alors que Vishnu dort et flotte sur l'eau, un lotus sort de son nombril d'où apparaît Brahma.

► Un autre groupe d'élèves relie le rôle de l'eau originelle à l'eau ressource naturelle et espace de vie sans équivalent dans les écosystèmes arides et semi-arides.

L'exemple d'un marais herbeux peut être proposé :

Biotope de micro-organismes, animaux ou végétaux, espace couvert de plantes aquatiques herbacées, telles que joncs et massettes, réservoir génétique, lieu de reproduction pour les oiseaux, les poissons et les insectes, le marais est un espace grouillant de vie.

Les élèves s'informent sur ce précieux biotope par des notes précises et des dessins.

► Un troisième groupe exploite l'image de l'eau associée à l'origine de la vie humaine avec le liquide amniotique, l'eau matricielle, et par extension, avec le lait, le liquide lacté, l'eau nourricière.

► Les élèves représentent par des croquis ou décrivent succinctement les rites qui, dans leur culture ou dans une autre, sacralisent le liquide amniotique et l'associent à un rituel d'accueil des enfants.

Exemple:

Pour les Bambaras de Guinée, il existe un usage qui consiste à faire absorber au bébé l'eau de son premier bain, avant tout autre aliment. Alors qu'il est recouvert des résidus liquides de la naissance, l'enfant goûte à ce premier bain et prend ainsi conscience de son individualité, en se « goûtant lui-même ».

► D'autres s'intéressent à l'assimilation de l'eau au lait :

De nombreux hymnes védiques parlent d'eaux maternelles nous distribuant leur lait.

Eau et lait sont les aliments de base des pasteurs nomades, qui les associent souvent dans des proverbes.

Les élèves prennent soin d'écrire et de retenir ces adages.

Exemple:

« Si l'eau de ta gourde est aigre, c'est que tu y avais mis du lait caillé ».

► Il est intéressant qu'en différents points du globe, les élèves « puisent » dans leur culture respective pour extraire une référence à l'eau nourricière.

Souvent, les eaux de mares ou de mers sont décrites ou rapportées comme étant fécondes, chargées de poissons et réservoir de micro-organismes: mare de vie, mer « mucus », mer nourissante.

► Entre plusieurs régions, ils comparent, échangent le fruit de leur recherche, grâce notamment au cahier de la classe qu'ils peuvent photocopier (quand cela est possible) et envoyer à une autre école partenaire du Réseau des Écoles associées de l'UNESCO (ASPnet). D'une région aride à l'autre, ils découvrent ainsi des recoupements apparents.



7. Vallée cultivée, Maroc, 1989
© Michel Le Berre

2. Retenir quelques aspects essentiels de l'eau ressource vitale

► Le professeur résume les principales fonctions de l'eau :

- Elle est « biotope », espace de vie, et réservoir de biodiversité ;
- Elle remplit des fonctions directement utilitaires en constituant un élément essentiel, à l'origine de la production des aliments et producteur d'énergie ;
- Elle a une fonction régulatrice à plusieurs niveaux dans l'environnement :
 - L'eau régule le climat (cf. chap. 3, act. 3, p. 154) ;
 - Elle régule la formation des sols : en effet, la pellicule d'eau qui cimente ensemble les fragments de roche désagrégée et érodée du sol est, au même titre que l'air qui « remplit les vides », un constituant essentiel de chaque sol sur Terre ;
 - Elle régule les pratiques agricoles : en humidifiant la terre, la pluie est source de récoltes car elle est l'élément indispensable de la germination et, avec les nutriments, de la croissance des plantes ; l'eau régule les activités agricoles en entretenant les cultures – au besoin par l'eau d'irrigation quand les pluies manquent – et en lavant les sols – l'eau est le principal agent de nettoyage – ce qui facilite la rotation des cultures.

3. Valoriser l'eau fécondante ou nourricière dans son expérience quotidienne

► Les élèves reprennent ensuite la thématique de l'eau fécondante ou nourricière.

Ils développent cette thématique en la reliant aux étendues d'eau qu'ils connaissent et qu'ils fréquentent régulièrement dans l'environnement.

- En quoi ces points d'eau, qui sont des points d'accès aux réserves d'eau douce, en surface ou souterraine, sont-ils sources de vie pour les membres de la collectivité?
- Ne sont-ils pas à l'origine de la création du village et de la naissance de la communauté?
- En quoi sont-ils productifs pour l'activité humaine?
- L'eau est-elle utilisée pour l'irrigation des cultures?
- Existe-t-il un système, même naturel, d'assainissement ou d'épuration de cette eau afin de la garder propre et féconde?
- À la fin de la saison des pluies, une fois asséché, le terrain de l'oued n'est-il pas riche en limons fertiles?
- Existe-t-il un système traditionnel, voire ancestral, de collecte d'eaux souterraines, comme les *foggaras* en Algérie, également appelées *khettaras* au Maroc et *qanat* en Syrie ou en Iran?
- Ce système a-t-il été reconnu et pérennisé par la collectivité actuelle car il est particulièrement adapté aux propriétés de l'eau en zone aride?
- Permet-il encore aujourd'hui de faire une utilisation équilibrée, durable et qualitative (propre) de l'eau dans le village?

► Les élèves rassemblent dans leur cahier une documentation concrète, fondée sur les connaissances et les témoignages des personnes directement concernées par l'eau (agriculteurs, éleveurs, producteurs de légumes, mères de famille, maîtres de l'eau).

► Ils glanent les mots, les termes locaux, le vocabulaire technique, les faits précis, les ambiances et les couleurs qui traduisent la vie des points d'eau. Ils listent les différents noms qui les désignent dans leur langue.

Exemple:

Dans le Sahara, la classe définit les oueds (ou *wadis*) qui forment des cours d'eau temporaires dont l'écoulement dépend des précipitations et qui peuvent rester secs pendant de longues périodes; les **gueltas** qui sont des plans d'eau plutôt permanents, le plus souvent sans écoulement visible (ce sont les citernes naturelles dans les roches par exemple); les **sebkhas** qui forment des marais salants temporaires; toutes les mares d'eau



douce qu'elles soient pleines, en cours d'assèchement, en cours de remplissage; occasionnellement, les berges de fleuve, les lacs, les marais.

On répertorie également les noms qui qualifient les puits, selon leurs caractéristiques, dans le vocabulaire arabe et touareg:

Le *chadouf*: puits à bascule;

Le *gherghâz*: puits à traction animale;

Le *hatâta*: puits temporaire dans le sable où l'eau apparaît dès qu'on creuse avec la main;

Le *anoû*: puits permanent et profond qui devient «tânout», mot féminin, dès qu'on le munit d'une poulie.

► Pour chaque terme, les élèves donnent un exemple de point d'eau précis sur le terrain.

► Dans certains cas, ils précisent le nom de la localité ou du « lieu-dit » où se trouve le point d'eau. Ce nom, parfois, est évocateur de l'eau.

Ils décrivent le contexte, la situation du lieu, les sensations auditives et visuelles sur place, les espèces végétales et animales ainsi que les objets qui lui sont associés.

► À chaque fois, les élèves situent l'homme dans le paysage et le décrivent par les gestes accomplis durant ses activités. Les textes rendent l'intérêt et l'importance des points d'eau dans la vie de la population.

Exemple:

Le fleuve: l'embarquement sur la pinasse ou la pirogue, l'effort de ramer et de mener la barque à l'aide d'une seule perche, la vitesse accrue et la sensation de fendre les eaux, la silhouette des palmiers rôniers sur la rive, le vol léger et régulier des martins pêcheurs pies d'Afrique qui, soudain, plongent depuis le ciel, les gestes de la pêche au filet, ceux de la moisson de mil sur la berge.

10. Aigrette garzette
(*Egretta garzetta*) sur le lac Tonga,
Algérie, 2002
©Olivier Brestin





11. Pêche au filet sur le lac Nokoué,
Ganvié, Bénin
© UNESCO/Georges Malempré

- Le professeur éclaire le sens de l'eau fécondante, qui ne peut être dissocié de l'eau saine:
- L'agriculture irriguée et l'élevage, principales activités des populations en régions arides, utilisent une énorme quantité d'eau disponible pour la production d'aliments: fruits, céréales, cultures vivrières, légumes destinés aux hommes et aux animaux, viande.
 - Or, la production d'aliments d'origine végétale nécessite d'utiliser une eau saine, propre, de l'irrigation au lavage des produits car l'utilisation d'une eau d'irrigation médiocre entraîne la salinisation des sols déjà saturés de pesticides et de fertilisants et cause la production d'aliments contaminés par des substances nocives (métaux lourds, nitrates) et des organismes pathogènes. Ces aliments risquent, à leur tour, de contaminer l'organisme humain.
 - De plus, une eau d'irrigation médiocre, ajoutée à la forte teneur du sol en pesticides et fertilisants cause également la pollution des nappes phréatiques par infiltration. Le cercle vicieux de la pollution est alors enclenché!

• L'enseignant insiste:
L'eau source de vie est indissociable de sa qualité, celle d'une eau propre, à la fois limpide et saine. L'eau prélevée dans la nature pour être utilisée nécessite d'être, elle-même « lavée », nettoyée, avant de retourner à la nature.

4. Terminer la recherche documentaire par la notion d'eau purificatrice

L'une des fonctions premières de l'eau est d'éliminer la saleté.

Liée à l'idée de purification dans la plupart des cultures, cette fonction nettoyante est sensée éliminer non seulement les souillures extérieures, mais également les souillures intérieures.

Souvent, elle apparaît décrite et vécue comme une métamorphose, une nouvelle naissance.

Les élèves recherchent globalement des exemples de pratiques culturelles reposant sur l'idée de purification par l'eau.

Exemples:

- Le baptême par l'eau sacrée chez les chrétiens;
- Les ablutions précédant la prière chez les musulmans;
- Tous les rites d'initiation intégrant l'eau et destinés à purifier et à protéger les initiés dans les sociétés africaines:
 - Les néophytes Bambaras, par exemple, reçoivent en fin d'initiation, une aspersion d'eau de la bouche du chef de la société des initiés. Ils sont ensuite lavés deux fois:
 - D'abord, par un ancien initié, avec de l'eau provenant de la mare sacrée du village; une seconde fois, au puits sacré du village.
 - Ainsi, en Afrique, la projection d'eau est un rite répandu, destiné à chasser les forces maléfiques et à purifier les êtres.

► La classe s'interroge sur les images de l'eau symbolisant la pureté dans leur culture respective:

- La naissance d'une source évoque-t-elle pour eux l'image de la pureté?
- L'eau sacrée de la mare?
- Quelques gouttes aspergées à l'aide d'un rameau d'olivier, d'un brin d'hysope ou d'une plante sacrée?
- La rosée du matin?
- L'eau remontée des profondeurs par la foggara, circulant le long des galeries ancestrales, soigneusement tapissées d'argile et de paille mélangées?

► Les élèves accompagnent leur recherche de citations des principaux adages sur ce thème de l'eau pure.

Exemple:

«Une cruche d'eau pure ne résiste pas à une cuillerée d'eau sale»

Proverbe africain.

5. Composer le poème de l'eau source de vie

► De ces derniers exercices très suggestifs en matière de vocabulaire, d'expressions et d'images, chaque élève extrait les éléments de son choix et compose un poème ou un texte poétique sur le thème de l'eau source de vie.

► Les productions littéraires sont ensuite illustrées et rassemblées sur un grand panneau collectif.



02

Peinture, liquidité et transparence : l'eau et les sens

Niveau 
simple

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
3 séances

Objectifs

1. Connaissances et compréhension

Par l'utilisation et la manipulation de la peinture à l'eau, tester et mettre en exergue les qualités physiques de l'eau comme la liquidité et la transparence, afin de mieux interpréter l'aspect de l'eau, sa couleur, et son action – notamment d'érosion – dans l'environnement.

2. Connaissances et compréhension

À travers l'étude de l'eau dans le paysage, les élèves abordent les ressources naturelles – les nappes superficielles ou souterraines – dans le contexte du cycle de l'eau, temporel et spatial.

Déroulement

1. Mettre en valeur les qualités physiques de l'eau en utilisant la peinture

L'eau est l'élément qui éveille ou « réveille » tous nos sens.

► En classe, oralement, les élèves précisent leur expérience des qualités sensorielles de l'eau. Ils choisissent certains instants privilégiés de contact avec l'eau et décrivent leurs sensations.

Exemples :

- Se désaltérer à l'eau fraîche d'une source;
- Plonger dans une guelta limpide;
- Écouter les « sons » d'une eau souterraine qui sourd ou qui jaillit;
- Si la mer n'est pas loin, écouter le ressac lors d'une forte marée;
- Se laisser flotter à la surface de l'eau;
- Observer les nuages;
- Contempler le mouvement du fleuve;
- Humer les produits de la pêche extraits d'un étang poissonneux;
- Sentir l'humidité du marais le soir venu;
- Goûter le suc, le jus, et ainsi l'eau cachée de la plupart des aliments.

La perception de l'eau – ou du manque qu'elle crée en nous – accompagne la connaissance que chacun développe de son environnement, à plus forte raison en zones sèches, où le besoin de boire et de se rafraîchir se fait régulièrement sentir et où l'eau est une denrée précieuse, voire sacrée. « Aman, lman » (« l'eau, c'est la vie ») disent les Touaregs de manière proverbiale, en se désaltérant à leur gourde ou en buvant le thé en trois fois trois petits verres.

► L'enseignant invite les élèves à utiliser la peinture à l'eau pour révéler les qualités physiques, tactiles et visuelles de l'eau, comme la liquidité et la transparence.



13. Jeune garçon observant le départ d'une embarcation en papyrus, Éthiopie
© UNESCO/Dominique Roger

- ▶ Ils peignent à l'aide d'outils différents: le pinceau ou un objet similaire, l'éponge, le bâton, le doigt, la main. Ils utilisent divers supports comme du papier cartonné, du papier fin, recyclé, du tissu tendu sur un châssis.
- ▶ En travaillant certains gestes comme la coulure, la traînée, l'aspersion, l'égouttage, et par l'incidence du geste sur leur outil et sur la peinture plus ou moins diluée, les élèves recréent et visualisent les processus dynamiques et les traces engendrées par l'eau dans la nature.
- ▶ Ils testent au plus près la liquidité et la fluidité de leur matériau et révèlent du même coup les effets d'absorption, de recouvrement, de ruissellement et d'aspersion propres à l'eau, à son action, et à son utilisation dans l'écosystème (à travers l'irrigation par exemple).

- ▶ Dans un premier temps, par groupes, les élèves créent des aplats, des surfaces recouvertes, monochromes, en superposant plusieurs couches de peinture. Ils répètent l'opération en incorporant toujours plus d'eau: la même couleur de plus en plus diluée.
- ▶ Sur une surface dense en matière et uniforme, ils peuvent introduire à l'aide d'un pinceau imbibé d'eau, une traînée ou la trace d'un geste fluide, toute en courbes et en volutes. Ils observent les résultats: l'eau qui fluidifie, éclaircit, entraîne la matière, son aspect coulant et dynamique, parfois l'aisance, la beauté du geste.

► Toujours guidés par le professeur, ils introduisent plusieurs couleurs, d'abord à travers des aplats juxtaposés sans temps de séchage, ensuite à travers les traces de gestes réalisées au pinceau, avec plusieurs couleurs et plusieurs pinceaux simultanément. Ils observent les coulures et les effets de débordement obtenus.

Ils travaillent ensuite les aspersion, les projections et des effets de goutte-à-goutte plus contrôlés.

► Dans l'enchaînement, l'enseignant propose un exercice complémentaire :

Un élève laisse tomber une goutte d'eau colorée sur une feuille de papier et la bouge dans tous les sens, de façon à ce qu'elle décrive un dessin orienté par le seul mouvement du support jusqu'à son absorption.

D'autres élèves observent les effets d'absorption et de fusion de gouttes de couleurs différentes et produisent des dessins sur le même mode.

Une fois sec, il est possible de retoucher l'ensemble des dessins obtenus à la plume ou au pinceau et d'introduire ainsi des éléments figuratifs ou des contrastes de matière.

► Enfin, la classe étudie la relation entre l'eau et un corps gras en révélant, au moyen d'un « bain révélateur », les motifs formés par un dépôt de peinture à l'huile à la surface de l'eau.

- On se munit d'un grand récipient, une bassine ou une cuvette que l'on remplit d'eau.

- Un groupe d'élèves laisse tomber quelques gouttes de peinture à l'huile de plusieurs couleurs à la surface de l'eau. On utilise cette peinture en petites quantités pour éviter de souiller l'environnement par la suite.

- À l'aide d'un bâton, d'un morceau de bois, d'autres élèves remuent ce mélange flottant. Des formes s'y organisent.

- Lorsque les formes semblent intéressantes, les élèves les captent, les « capturent » en déposant une feuille de papier à la surface de l'eau.

- Ils ressortent délicatement la feuille sur laquelle les formes et les couleurs flottantes viennent s'imprégner et s'imprimer.

Il est possible de varier l'exercice en isolant une partie de la feuille à l'aide d'un cache (avec de l'adhésif par exemple).

Cette partie cachée protège un motif dessiné que l'on maintient en réserve. Une fois les formes « capturées », celles-ci vont fonctionner comme un fond tout autour du motif découvert. Elles pourront par exemple illustrer l'océan, la rivière, les flots.

On peut également utiliser des peignes pour modifier les formes à la surface de l'eau.

► Après avoir appréhendé l'ensemble des techniques d'expression dérivées de la peinture et de sa dimension liquide et aqueuse, les élèves rassemblent leurs créations picturales sur le mur. Celles-ci déclinent une approche à la fois sensorielle et sensible de l'eau : son aspect liquide, insaisissable, sa capacité à s'immiscer, à s'infiltrer, à déborder, à recouvrir.

2. Interpréter les traces de l'érosion hydrique dans le paysage

► L'enseignant entraîne les élèves sur le terrain où ils identifient et comprennent mieux – à l'aune de l'exercice mené – les traces inscrites par l'eau et son action dans le paysage et l'environnement.

- Ils repèrent les traces de ruissellement, signes du déplacement des eaux sur les versants et les terrains inclinés.

Exemples :

On distingue les sillons que forment les rigoles des eaux de ruissellement et l'écoulement en lignes serpentine, contournant des îlots de végétation, qui peut former des sortes de damiers dans le paysage.





15



16

15. Puits artésien,
région d'Errachidia, Maroc, 2006
© Alexander Otte

16. Courant fluvial charriant
des sédiments
© András Szóllósi-Nagy

- Les élèves repèrent aussi les traces d'**infiltration** par les fissures naturelles des sols et des roches.
- Ils identifient les lits où s'écoulent les oueds, parfois larges sur des terrains plats.
- S'ils se trouvent à proximité d'un fleuve, ils observent les traces de l'**érosion fluviale** en distinguant, quand cela est possible, les versants entaillés qui limitent la vallée du fleuve et les berges du lit mineur, elles aussi fortement érodées.

Partout, l'eau ravine, creuse, s'écoule et peut déborder.

► L'enseignant stimule l'imagination des élèves en leur citant des textes où la puissance de l'eau, parmi les autres éléments, est évoquée.

Exemples:

Rien au monde
N'est plus onctueux et doux
Que l'eau,
Et pourtant rien de solide ou
De coriace
Ne peut lui résister.
Car elle est immuable.

L'eau vainc le roc ;
Sa douceur finit par avoir
Raison de la dureté.
Cela, nul au monde
Ne peut l'ignorer ni le
Maîtriser.

Lao-Tseu, philosophe chinois, 570 av. J-C

3. Se concentrer sur la couleur des eaux superficielles

Une autre caractéristique de l'eau mise en exergue par l'utilisation de la peinture est la transparence, relative, dans l'exercice, à la dilution de la matière.

- L'eau dans la nature est-elle transparente ?
- Toutes les eaux n'ont pas la limpidité d'une source naissante ou jaillissante.

► Au moyen de plusieurs prélèvements effectués à divers points d'eau, le professeur montre qu'une eau apparemment teintée ou chargée de particules peut être plus transparente qu'elle ne paraît.

► Il apporte quelques précisions :

- Dans un contexte naturel et non pollué, une eau saine n'est pas forcément incolore à la vue.
- Une fois prélevée, elle doit cependant être limpide ou sinon, épurée, filtrée, assainie pour être consommée ou utilisée dans la fabrication de papier, de textile ou pour la production alimentaire.

► La classe s'intéresse alors à la couleur de l'eau.

Entraînant les élèves sur le terrain, le professeur les invite à examiner la manière dont ils perçoivent l'eau à proximité des points et des étendues où elle est présente.

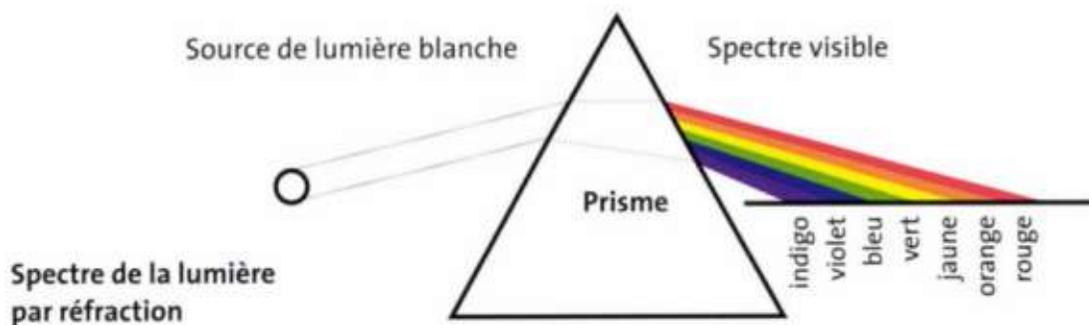
► Dans un premier temps, il établit la relation entre la lumière solaire et la couleur de l'eau :

- Quand la lumière du soleil traverse de fines gouttes d'eau, les couleurs de l'arc-en-ciel apparaissent à la vue.

► Le professeur explique :

- Considérant la lumière visible, on sait que l'eau, le milieu aqueux (comme le verre translucide) a un indice de réfraction différent de celui de l'air.

- Cet indice étant différent, chaque longueur d'onde (normalement invisible) qui compose la lumière blanche visible, est diffractée différemment lorsqu'elle entre en contact avec l'eau et, de ce fait, se distingue à nos yeux. Ainsi, apparaît l'arc-en-ciel.



► À travers notes et croquis, les élèves distinguent ensuite les couleurs de l'eau selon les lieux visités.

► Le professeur poursuit :

- La couleur de l'eau est due à la présence de matières organiques et minérales dans l'eau.
- Ces différents composés absorbent différentes fréquences de la lumière. Ainsi, la teinte globale d'une étendue d'eau résulte de la perception que nous avons d'un ensemble de composés colorants dissous ou présents sur le fond.

Exemples :

La couleur rouge de l'eau peut provenir de substances minérales décomposées comme le fer.

La couleur verte est donnée par des substances organiques, comme les algues ; cependant, la présence de produits de décomposition végétale comme les substances humiques et les tanins peuvent faire évoluer cette couleur vers le jaune ou le marron.

► Les élèves s'interrogent sur la transparence de l'eau dans leurs régions arides où les sources sont souvent taries et où l'écoulement de surface est éphémère.

Face aux mares, aux gueltas, aux flaques d'eau saumâtre, aux marigots issus des fleuves, les élèves font le constat de diverses eaux colorées.

Sur place, ils procèdent à des prélèvements.

► Ils comprennent que ces eaux « transportent » avec elles les couleurs des milieux qu'elles ont traversé et des milieux qu'elles conditionnent en stagnant.



17. Baignade près de la digue de *Tifounassine*,
Goulmina, Errachidia, Maroc, 2006
© Alexander Otte

La couleur de l'eau est déterminée par la composition des roches qu'elle a baignées (eau de résurgence des *gueltas*), des sédiments qu'elle a charriés (eau d'écoulement des mares ou des oueds), de la végétation qu'elle a entraînée ou décomposée (eau des marigots, des fleuves, des étangs, des lagunes). Elle reflète aussi les caractéristiques de son environnement immédiat (algues et plantes aquatiques dans l'eau, nature des sédiments sur le fond).

La couleur de l'eau a donc une histoire, présente et passée.

► Les élèves réalisent des croquis des points d'eau sous différentes conditions atmosphériques et à divers moments de la journée.

Sur un même site, les changements d'intensité lumineuse font varier la couleur de l'eau.

► Ils produisent également des croquis sous différents angles : avec un point de vue surplombant, de près, de loin.

Là encore, la couleur de l'eau varie.

► De près, ils captent le détail de la nappe d'eau qui n'est pas d'une couleur uniforme et tentent de saisir, au crayon de couleur, le jeu des reflets et de leurs ombres colorées à la surface.

4. Goûter l'eau potable et comprendre son origine

► Pour clore l'activité et mettre en valeur l'idée d'histoire et de temps dans le cheminement de l'eau, la classe se rend près des différents points d'accès à l'eau potable : le puits du village, une fontaine, une source naturelle sortant ou jaillissant de terre.

► Les élèves réalisent plusieurs dégustations de l'eau potable.

Si celle-ci est souvent inodore, elle a par contre un goût qui reflète lui aussi les caractéristiques des milieux que l'eau a traversés.

► Comme il n'est pas toujours facile de qualifier ce goût, le professeur fait appel au sourcier du village.

Celui-ci peut souvent, à partir d'un examen des formes du relief, situer la présence d'une nappe aquifère peu profonde dans le sol.

► Il précise le cheminement de l'eau depuis son ruissellement sur les pentes des reliefs, son infiltration à travers les fissures naturelles des roches et sa lente migration à travers les sols.

► Le sourcier, qui est souvent un « goûteur » d'eau, peut aider les élèves à qualifier le goût des eaux qu'ils prélèvent. Selon qu'elles auront traversé certains sols, roches ou couvertures végétales, elles auront un goût de soufre, de fer, d'iode, parfois un arrière-goût végétal.

Reconnaître des variations plus subtiles nécessite d'être entraîné, mais les goûteurs d'eau se réfèrent au camphre, au concombre, à l'oignon...

► Reprenant l'analyse du cheminement de l'eau potable, le professeur fait la relation entre l'eau que nous buvons et l'eau souterraine prélevée au puits ou à la fontaine : dans le meilleur des cas, nous consommons une eau filtrée naturellement par son passage dans le sol et la roche, qu'elle soit extraite de la nappe phréatique ou qu'elle alimente une source sortant et jaillissant de terre.

► Il établit une seconde relation entre l'eau potable prélevée sous terre et l'eau de surface qui s'infiltré et devient souterraine. Il s'agit de la même eau : d'abord superficielle et issue des précipitations, elle devient souterraine par infiltration, pour remonter à nouveau partiellement en surface, selon divers moyens :

- Par affleurement de la nappe aquifère à la surface du sol ; cela crée, ici et là, des suintements et la naissance de sources.
- Par des forages réalisés directement dans les nappes phréatiques par les populations, afin de satisfaire leurs besoins permanents en eau de consommation et en eau d'irrigation.
- Par l'intermédiaire des organismes végétaux : l'eau est absorbée par les racines et transpirée par les feuillages.

Ce dernier point permet d'évoquer le cycle de l'eau qui constitue la thématique de l'activité suivante.

18. Jeune enfant se lavant les mains, village de *Tienfala*, Mali
© UNESCO/Dominique Roger

19. Touareg versant le thé, *Tassili N'Ajjer*, Algérie, 2002
© Olivier Brestin



18



19

03 Le cycle de l'eau

Niveau 
simple

Lieu 
en classe

Durée 
2 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

En se concentrant sur les différents états de la matière eau, la classe, guidée par le professeur, entreprend de situer ces états transitoires dans l'enchaînement des étapes du cycle de l'eau.

2. Connaissances et compréhension

À travers une série de « tableaux sonores » qu'ils apprennent à animer par le mime et le bruitage, les élèves assimilent le processus du cycle de l'eau et perçoivent son impact sur l'environnement.

Déroulement

1. S'intéresser aux états de la matière « eau » et à l'origine des ressources

► Le professeur invite la classe à discerner les trois états de l'eau : liquide, solide, gazeux. Il peut conduire certaines expériences simples à ce sujet.

► Les élèves font chauffer de l'eau et observent l'évaporation ; la vapeur d'eau matérialise le passage de l'état liquide à l'état gazeux.

Pour observer la transformation de l'eau liquide en solide, il faut disposer d'un réfrigérateur qui n'est pas toujours disponible en régions rurales arides. Dans l'éventualité où l'on dispose d'un tel équipement, la classe constitue de la glace puis laisse fondre un gros glaçon au soleil.

On place aussi une vitre froide au-dessus d'un récipient d'eau bouillante pour observer le passage de l'état gazeux à l'état liquide, sous l'effet de condensation immédiate de la vapeur d'eau.

► Le professeur peut aussi proposer aux élèves de trouver une liste de noms, de substantifs à associer aux adjectifs : liquide, solide, gazeux.

Exemples :

À l'état liquide, sont associés : source, pluie, guelta, marigot, rivière, étang, marécage, mer, océan.

À l'état gazeux : vapeur, brouillard, brume (ce qui n'est pas tout à fait correct, puisque la buée ou le brouillard sont déjà des formes liquides de l'eau, obtenues par condensation de la vapeur d'eau ; cette dernière étant proprement invisible à l'œil nu).

À l'état solide : glaçon, glace, neige, flocon, glacier, iceberg, banquise, igloo.

► Individuellement, chaque élève résume en une ligne ce que chaque état de l'eau, sous ses diverses formes, évoque pour lui.

Qu'évoque la mer, la glace, un iceberg pour un enfant du Sahel ou des steppes de Mongolie ?

► À partir de documentation disponible ou préalablement rassemblée, l'enseignant illustre, par images, les états de l'eau qu'il décrit et commente.

► Il apporte quelques précisions préalables à la compréhension du cycle de l'eau, au cours duquel les états transitoires de l'eau se succèdent :



20. Glacier d'Aletsch, Suisse
© András Szöllösi-Nagy



21. Torrent, Chili, 2006
© UNESCO/Olivier Brestin

- L'eau douce est une denrée rare ; 70 % de la surface du globe est couverte d'eau, qui à 97,5 % est salée ; ce sont les mers et les océans ;
- Seulement moins de 3 % de l'eau est douce ; celle-ci est pour la plupart inaccessible, gelée dans les calottes glaciaires ou reposant dans des nappes phréatiques. Au total, à peine 1 % de l'eau douce est facile d'accès, à partir des rivières, des lacs, des étangs et des nappes souterraines que nous exploitons en forant des puits.
- Ces ressources sont limitées, même si souvent, elles se renouvellent car l'eau est en mouvement, circulant entre l'océan, l'air et la terre en un cycle complexe que le soleil maintient en activité. Le professeur rappelle néanmoins l'importance des eaux souterraines non renouvelables en région aride : ce sont des nappes fossiles, non renouvelables car contenues dans une poche géologique, ou encore, ces nappes ne se rechargent pas car les réalimentations sont trop brèves ou espacées.

2. Décomposer pour mieux les comprendre les étapes du cycle de l'eau

- ▶ À ce stade, le professeur réalise un schéma du cycle de l'eau qu'il dessine librement ou recopie au tableau. Il commente ensuite les principales étapes du cycle :
 - Sous l'impact de l'énergie solaire, l'eau des mers et des océans s'évapore dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau.

Le même processus se produit à la surface des lacs, des glaciers, de la terre (évaporation) et des feuilles des plantes ou de la peau des animaux (transpiration). On parle d'évapotranspiration pour qualifier l'ensemble de ce phénomène.

- Dans l'air, cette vapeur invisible se condense en minuscules gouttes d'eau qui forment les nuages. Ceux-ci sont poussés par les vents depuis la mer vers les terres.

- En s'élevant vers la hauteur des sommets et en se refroidissant, les minuscules gouttes d'eau se heurtent et fusionnent, formant des gouttes plus grosses et suffisamment lourdes pour tomber en pluie.

- La vapeur d'eau des nuages retourne donc à la surface de la Terre sous forme de pluie ou d'autres précipitations. L'eau des pluies retombe sur les océans pour 7/9 et sur les terres pour 2/9. Elle s'évapore ensuite à nouveau, poursuivant son cycle sans fin.

- Une partie de l'eau qui se déverse sur les terres s'infiltré dans le sol et gagne les nappes phréatiques. Une autre partie est utilisée par les êtres vivants de plusieurs façons : soit l'eau infiltrée est absorbée par les racines des plantes, soit l'eau atmosphérique est absorbée directement par contact des feuilles, des tiges et des épidermes. Ce dernier phénomène s'étend à tous les êtres vivants.

- L'excédent d'eau de pluie tombé sur les terres qui n'est ni infiltré, ni absorbé est drainé vers les lacs, les rivières et les fleuves pour atteindre à nouveau les mers. Il arrive qu'en ruisselant ces eaux superficielles rejoignent des lignes de drainage qui n'aboutissent pas à la mer et alimentent l'écoulement d'oueds temporaires ou s'accumulent dans des dépressions, formant lacs ou mares temporaires.

- En résumé, lors du cycle de l'eau, la plus grande partie de l'eau d'évaporation d'origine retourne rapidement à la mer ; une petite partie « transite » par les espèces vivantes, nous y compris, et sert au fonctionnement des cellules, des organismes et des écosystèmes. À ce sujet, le professeur rappelle : l'eau constitue plus de 80 % du volume corporel des individus végétaux et animaux.

► Après avoir illustré les étapes du cycle de l'eau, le professeur attire l'attention des élèves sur plusieurs points :

- L'influence des végétaux sur le cycle de l'eau est à prendre en compte :

- L'eau déposée sur les plantes, sous forme de pluie ou de rosée, s'évapore.

- L'eau absorbée par les racines et transpirée par les feuillages, s'évapore.

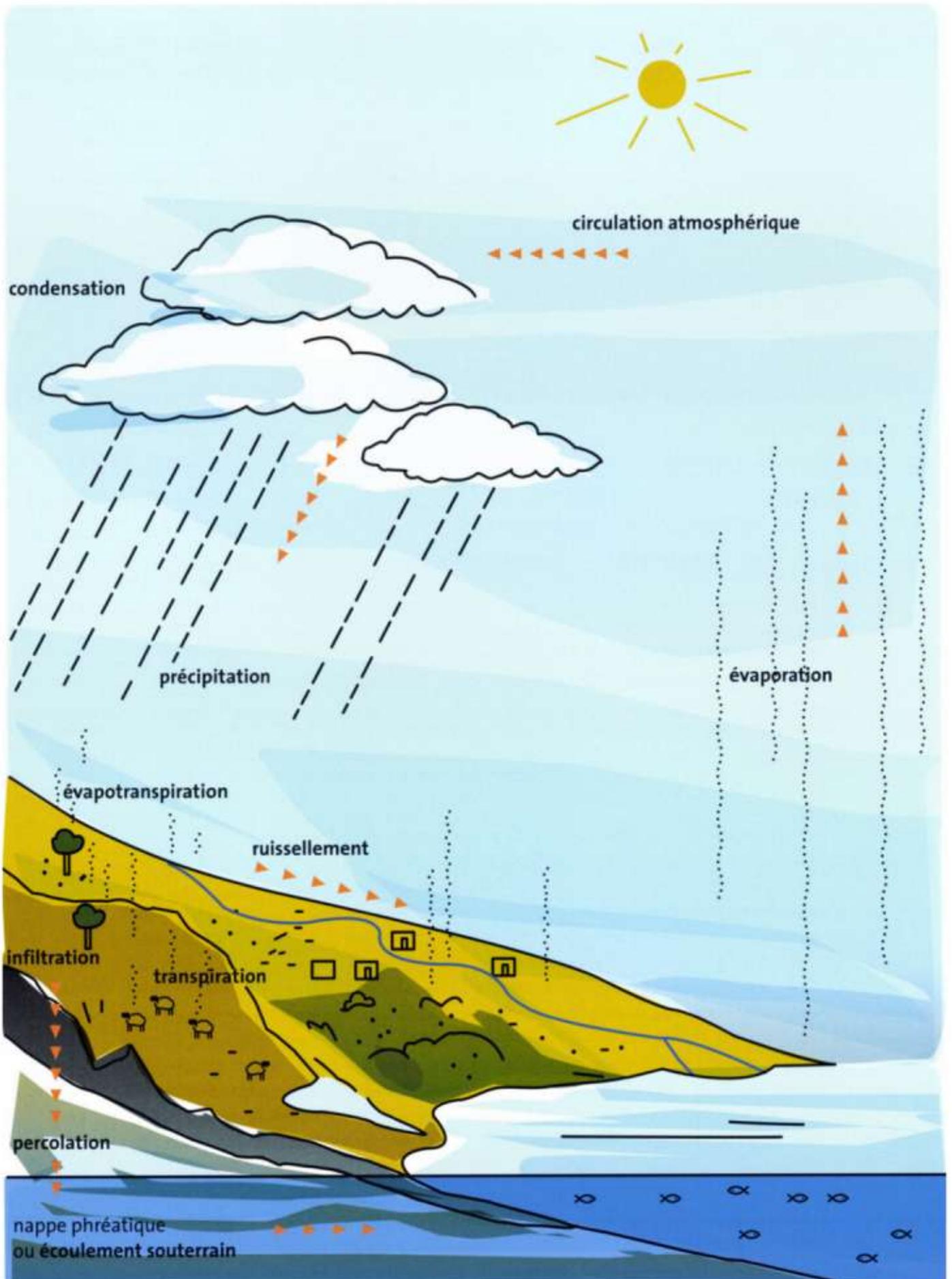
- Les racines des plantes favorisent une meilleure infiltration et une meilleure retenue de l'eau dans le sol qu'elles concourent à stabiliser.

- Une partie de l'eau est également retenue dans les plantes elles-mêmes.

En conséquence, lors de la déforestation intense d'une région, le cycle de l'eau, les processus de ruissellement et d'infiltration, se trouvent fortement modifiés, et il en résulte souvent, dès les premières fortes averses, des inondations dues à l'érosion.

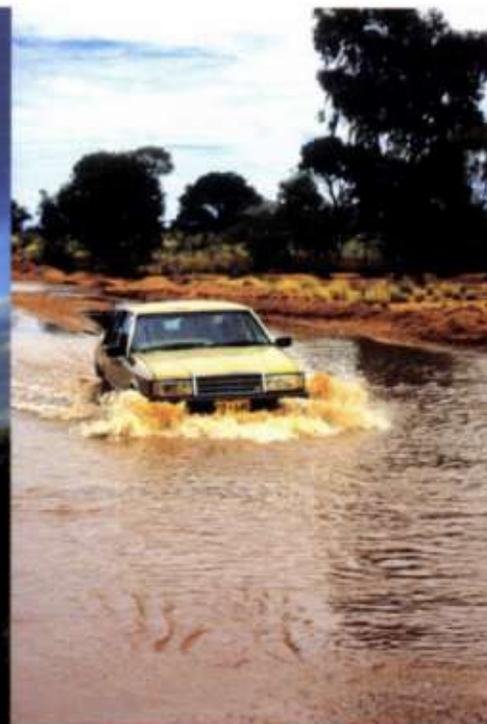
- Plus le processus de circulation de l'eau est lent, plus les eaux interagissent chimiquement avec le milieu. Plus le processus est rapide, avec les précipitations de haute intensité des régions arides, plus les phénomènes d'érosion sont marqués. Le ruissellement est intense car l'eau ne rencontre pas ou peu de tapis végétal, même mince, qui l'intercepte. Le processus est d'autre part bref dans le temps, car l'évaporation est immédiate du fait des températures élevées et de l'air très sec.

Le cycle de l'eau





22. Nuages au-dessus d'Ayers Rock (Ululu),
Territoire du Nord, Australie, 2001
© Olivier Brestin



23. Une voiture traversant Shirnside Creek
après la pluie, Territoire du Nord, Australie, 2001
© Olivier Brestin

3. Assimiler et interpréter le cycle de l'eau à travers une succession de tableaux sonores

► À ce stade de la présentation du cycle de l'eau, l'enseignant introduit le jeu de rôle et l'association possible des étapes du cycle à des bruits imitant ceux émis par l'eau sous ses différents états transitoires. Cette succession de tableaux sonores permet aux élèves d'identifier et d'intégrer clairement les étapes du processus accompli par l'eau.

► L'enseignant propose d'abord à la classe de se réunir et de réfléchir par écrit à une interprétation des bruits émis par l'eau sous ses différents états ou sous diverses conditions climatiques et atmosphériques.

Exemples :

- Le tumulte de l'orage;
- Le grondement du tonnerre;
- Le « martèlement » de l'averse sur le toit de la maison;
- Le « roulement » de la pluie qui « tambourine » sur la tente;
- Le bruit régulier du goutte-à-goutte qui s'égoutte du toit après l'orage;
- Le flux bruyant et concentré du ruissellement ; son écho quand on s'éloigne;
- Le jaillissement du torrent;
- Le flot puissant du fleuve qui gronde;
- Le « gazouillis » de la source sur les cailloux;
- Le « glouglou » de l'eau dans la jarre qui se vide.

► La classe peut également imaginer des bruits qui lui sont à priori étrangers comme le craquement de la glace qui fond sur l'étang gelé, le bruit assourdi des pas qui s'affaissent dans la neige.

► Ensuite, les élèves recherchent physiquement, par le corps et le mime, à reproduire les bruits, les expressions et les comportements des êtres vivants soumis à certaines conditions climatiques et météorologiques en relation à l'eau.

Exemple :

L'atmosphère précédant l'orage: la torpeur qui anime la population, le vrombissement des insectes, l'évaporation à son comble, les cris des oiseaux rassemblés, leur vol agité et rasant, les battements d'aile intenses puis avec le grondement du tonnerre et la pluie qui se déverse, le comportement de nombreux mammifères qui demeurent immobiles sous la pluie, se baignent, se rafraîchissent, s'éclaboussent, boivent...



24. Groupe de villageois et d'experts devant les chutes du Nil, Éthiopie
© UNESCO/Dominique Roger



25. Jeunes femmes transportant des cruches d'eau, Guatemala
© UNESCO/André Abbe

- ▶ Après avoir conçu et mis au point plusieurs interprétations, les élèves se lancent dans une interprétation collective des étapes du cycle de l'eau.
- ▶ Ils vont émettre des bruits, imiter des expressions, à partir de leur corps, mais également à travers leur déplacement dans l'espace et le recours à des « accessoires » et à des bruitages de toutes sortes.
- ▶ Pour cela, ils utilisent divers instruments de musique, des objets en bois qui craquent ou qui grincent, des objets en fer que l'on peut frapper ou faire résonner, des pierres, des petits cailloux que l'on agite dans divers récipients, l'eau bien sûr, en petite quantité, que l'on peut manipuler, asperger, déverser doucement, faire s'égoutter.
- ▶ Le professeur propose de déconstruire les étapes du cycle en plusieurs tableaux sonores et répartit les différents tableaux entre plusieurs groupes. On peut citer, dans l'enchaînement: la pression atmosphérique avant l'orage, l'averse elle-même, le ruissellement et l'écoulement, l'infiltration et l'absorption, la percolation, le retour à la mer.
- ▶ Chaque groupe va mêler bruitage et interprétation dans la mise en scène de chaque tableau.

Exemples:

Les insectes avant l'orage peuvent être simulés à la fois par des bruits de gorge et des déplacements furtifs dans l'espace.

Une longue et puissante averse peut être évoquée par un rapide goutte-à-goutte dans plusieurs seaux ou baquets, un rythme soutenu sur la peau tendue d'un djembé, le brassage en relais de cailloux et de sables grossiers dans plusieurs bassines, un élève mimant un éléphant qui s'arrose copieusement à l'aide de sa trompe. La percolation, elle, est mimée par un goutte-à-goutte très lent et un bruit d'eau extrêmement tenu à la surface d'un seau.

- ▶ Une fois que les groupes maîtrisent bien l'interprétation et l'enchaînement des tableaux (on peut permuter), il est possible et vivement recommandé de présenter le « spectacle » à l'ensemble de la communauté.
- On peut lui donner un titre: « À l'écoute du cycle de l'eau », par exemple.

04

Le journal de poche du point d'eau

Niveau 
intermédiaire

Lieu  
en classe
et à l'extérieur

Durée 
4 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Par la tenue d'un journal de poche qu'ils enrichissent au fil de leurs découvertes, les élèves abordent les principaux aspects de ces lieux foisonnants de vie et fascinants que sont les points d'eau de surface, souvent des plans d'eau, en région aride.

2. Connaissances et compréhension

Plus le journal de poche s'épaissit, plus il contient d'esquisses, de croquis, de notes et de restitutions diverses, plus les élèves appréhendent le plan d'eau comme un tout indissociable remplissant des fonctions fondamentales d'ordre écologique, culturel et directement utilitaire pour la communauté des humains dans l'écosystème.

Déroulement

1. Choisir un point d'eau dans le paysage et commencer un journal sur ce thème

► Le professeur propose à la classe de se concentrer sur un point d'eau spécifique dans l'environnement.

Il est préférable de choisir un point d'eau de surface, d'origine naturelle, comme une mare temporaire en Afrique, une *guelta* dans les pays arabes et en Australie ou un torrent épisodique en Amérique centrale, de façon à étudier le rôle écologique du point d'eau dans l'écosystème.

Une fois le choix établi, la classe situe le point d'eau dans son contexte.

► Pour cela, chaque élève se munit d'un carnet de poche de taille moyenne qui, tout au long de l'activité, sert de journal où l'élève consigne ses notes, témoignages, impressions, dessins, collectes, collages, frottages, renseignant sur le point d'eau, les découvertes qu'il y fait et les informations auxquelles il aboutit.

► Oralement avec le professeur, puis par écrit dans leur journal, les élèves distinguent les caractéristiques principales du point d'eau choisi, en précisant selon les cas, les questions suivantes :

S'il s'agit d'une mare :

- Est-ce une mare temporaire ou une mare permanente ?
- Est-elle asséchée durant la saison sèche ?
- Est-elle formée par l'accumulation d'eau de pluie qui s'écoule des versants et se concentre dans une dépression ?
- S'agit-il du fond d'un ancien lac ou résulte-t-elle de l'apport d'un cours d'eau (aire d'étalement prolongé d'un oued, bras mort d'un fleuve allochtone, appelé marigot en Afrique) ?

S'il s'agit d'une *guelta* :

- Est-ce un plan d'eau permanent (ce qui est le cas pour la plupart des *gueltas*) ?
- Résulte-t-elle d'une remontée de la nappe phréatique qui émerge par les interstices du sol, ouvrant une sorte de fenêtre sur la nappe souterraine ?



26. Guelta de Tifnitine,
Tassili N'Ajjer, Algérie, 1986
© Michel Le Berre

- Est-elle alimentée par un écoulement visible, une source qui sourd aux points où la couche aquifère touche la surface (le plus souvent une surface en pente)?

Exemple:

Nombre de *gueltas* sont alimentées par des sources de flancs de collines qui jaillissent avec force et coulent en cascade dans les zones montagneuses du Sahara.

- Forme-t-elle une citerne naturelle dans la roche?
- Est-elle protégée par la barrière du relief?

Exemple:

En Australie, entre des monts constitués de latérites et de grès comme les Monts Olgas, on trouve des *gueltas* anciennes car parfaitement abritées.

S'il s'agit d'un torrent:

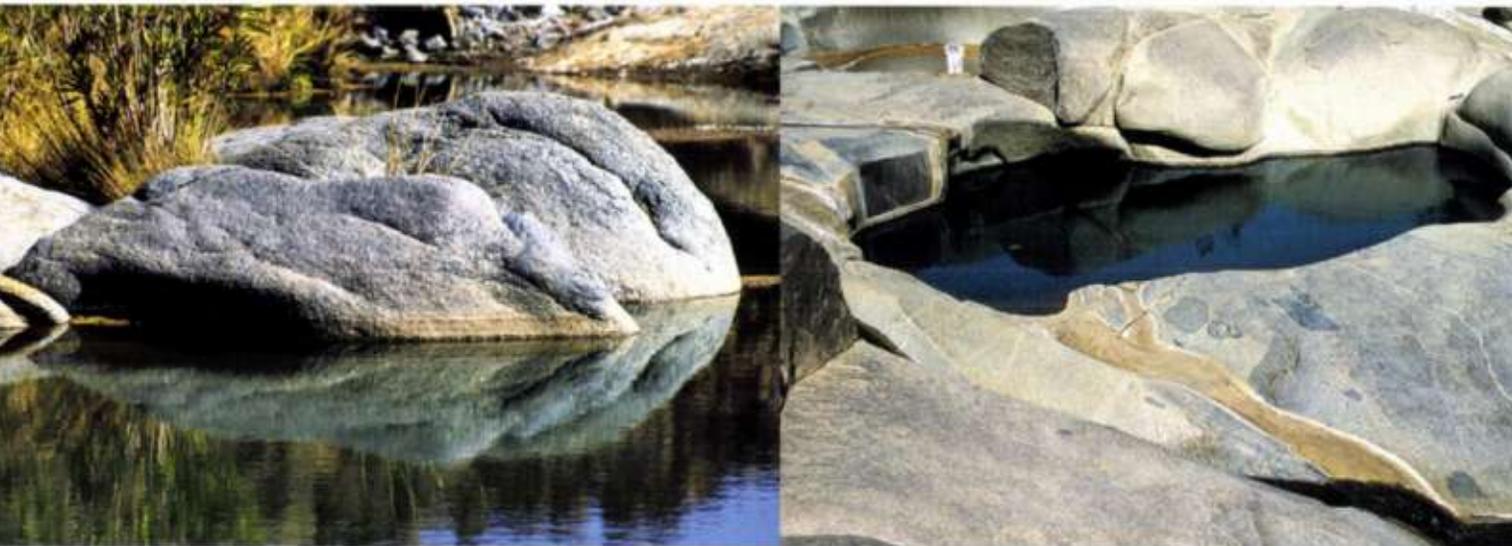
- Coule-t-il irrégulièrement? Quelle eau l'alimente?
- Son débit est-il rapide?
- Son lit est-il rocheux et encaissé, coule-t-il sur une pente déjà ravinée?
- Observe-t-on des traces de ruissellement concentré et intense?

Exemple:

Lors de pluies violentes, les torrents d'Amérique centrale connaissent des crues importantes et emportent la tranche supérieure du sol. On les appelle alors des **huaycos**, ce sont des coulées destructives d'eau mélangée à de la boue et des pierres, descendant rapidement le flanc des montagnes et empruntant le passage des sillons laissés par le ravinement.

► Selon leur choix, les élèves répondent à ces questions par une ou deux pages de notes succinctes dans leur journal.

► Ils procèdent ensuite à un premier croquis du point d'eau qui marque le début de leur recherche. À intervalle régulier dans le temps, la classe procède à des dessins qui signalent les changements saisonniers du point d'eau (torrent en crue/en décrue ; mare en voie d'assèchement/en voie de remplissage).



27 et 28. Guelta,
Tassili du Hoggar, Algérie, 2002
© Olivier Brestin

2. Aborder les fonctions naturelles et écologiques du point d'eau

► Après avoir constitué des groupes, l'enseignant recadre l'étude en considérant, sous différents aspects, le rôle écologique rempli par le point d'eau dans l'écosystème.

Les élèves étudient le biotope aquatique dans l'espace et dans le temps, en menant leurs observations sur place et dans la durée.

► En prémisses, un groupe s'intéresse à l'influence du contexte, de l'environnement abiotique sur le point d'eau.

Le groupe entreprend plusieurs tentatives de calcul et de mesure du point d'eau en faisant appel au maître de l'eau et – par l'intermédiaire du professeur – à l'aide de la communauté scientifique locale.

- Quelle est la fréquence des précipitations ?
- Quel est le volume d'eau reçu lors de la formation de la mare ?
- Ce volume varie-t-il en fonction du niveau des précipitations au cours de l'année et d'une année sur l'autre ? Peut-on l'évaluer ?
- Constate-t-on un renforcement de l'aridité ces dernières années ?
- L'infiltration par le sol influe-t-elle beaucoup sur le niveau de la mare ?

- S'il s'agit d'un torrent, peut-on calculer son débit, c'est à dire la quantité d'eau en m³ qui passe en un lieu précis à la seconde ?
- Peut-on mesurer la variation du débit d'une saison à l'autre ?
- S'il s'agit d'une *guelta*, quel est le volume d'eau perdu par évaporation entre la saison des pluies et la fin de la saison sèche ?

► Un autre groupe, aidé du professeur, s'intéresse à la couleur de l'eau et procède à plusieurs observations :

La couleur de l'eau est, en effet, un indice d'évaluation des fonctions écologiques du point d'eau. Qu'indique l'eau trouble de la mare, de couleur marron à gris ou verdâtre ?

- Les eaux de ruissellement qui la constituent ont charrié des sédiments ;
- La mare est exposée à l'action du vent qui en charrie de nouveaux ;
- L'échange entre l'eau de la mare et les sédiments est élevé et constant.



29 et 30. Mares temporaires assurant l'alimentation du bétail en eau, Sahel
© UNESCO-MAB

► Le professeur poursuit:

- Ces sédiments sont souvent fertiles car des nutriments sont également transportés par le vent ou contenus dans l'argile des sédiments;
- De plus, la température du bassin est proche de celle de l'air.

► Élèves et professeur observent:

En résumé, la mare temporaire en zones arides est un biotope fertile, une aire d'arrêt des sédiments et des particules nutritives entraînés depuis les versants environnants. Plusieurs successions de cycles de vie vont s'y développer en un temps réduit (la saison des pluies et le début de la saison sèche); il s'agit d'espèces adaptées aux conditions de vie spécifiques des mares temporaires: végétaux, crustacées, amphibiens, poissons.

Ces espèces ne sont pas rares car on les retrouve dans la plupart des mares, mais elles sont, de manière étonnante, adaptées à la vie par intermittence.

► Par comparaison, le groupe observe la couleur d'une *guelta*. Que traduit la couleur de l'eau, souvent plus claire que celle de la mare, parfois même limpide, et verte par endroits?

► Le professeur enchaîne:

- C'est un biotope abrité, protégé du vent, protégé aussi parfois d'un fort ensoleillement; l'évaporation peut y être réduite et le renouvellement en eau, par infiltration, constant.
- Des espèces peuvent y vivre qui ne vivent pas dans la mare, car l'eau chargée de particules de la mare modifie les conditions de transmission de la lumière et affecte la photosynthèse de certaines plantes aquatiques comme les algues.
- Durablement alimentée en eau, la *guelta* est souvent pérenne, parfois ancienne. Elle peut accueillir une biocénose diversifiée qui se développe dans la durée.

► Élèves et professeur constatent:

Une *guelta* abrite différents types de plantes immergées, des algues, des plantes émergées dont les racines sont sous l'eau et les tiges ou feuilles à l'air. Ces plantes s'enracinant sur le fond, trouvent là une eau suffisamment transparente et assez de lumière. Du fait de son maintien dans le temps et de son isolement, une *guelta* abrite parfois des espèces locales endémiques (qu'on ne trouve pas ailleurs qu'en cette région précise).

Les *gueltas* sont des aires de conservation des héritages floristiques et de leurs cortèges faunistiques associés, précieuses pour le maintien de la biodiversité.



31



32



33



34

3. Illustrer dans le détail le rôle écologique du point d'eau dans son journal de poche

► Le professeur suggère aux élèves de représenter l'écosystème de la *guelta* dans l'espace et l'écosystème de la mare temporaire dans le temps.

► Pour la *guelta*, les élèves commencent par dessiner un « gros plan » du point d'eau, vu du dessus, montrant une partie de la nappe d'eau et de ses abords. Ils peuvent également adopter un plan en coupe du bassin.

► Par les formes et les couleurs, ils dessinent et ainsi distinguent, les ceintures de végétation depuis le pourtour de la mare jusqu'au centre du bassin :

- Les arbres, s'ils existent, poussent sur le bord. C'est le cas de certains palmiers (*Borassus niger*) ou des tamaris (*Tamarix aphylla*, *Tamarix senegalensis*);

- Des masses végétales comme celles, vert sombre, du laurier rose (*Nerium oleander*) ceinturent de près les *gueltas*;

- Les plantes du bord immédiat occupent les parties les moins profondes de la nappe d'eau : touffes dressées des massettes, des joncs et des roseaux parmi lesquels les espèces de *Typha* (*T. latifolia*, *T. elephantina*, *T. angustifolia*) et le roseau commun (*Phragmites communis*).

- Les herbiers aquatiques immergés se rencontrent au milieu du plan d'eau.

Ils sont constitués d'algues filamenteuses comme les characées, si la transparence de l'eau le permet, et de plantes aquatiques à feuilles très fines et serrées qui participent fortement au maintien de l'écosystème en oxygénant et en purifiant l'eau. On peut citer les espèces de myriophylles comme *Myriophyllum spicatum* ou les potamots (*Potamogeton perfoliatus*) dans les eaux calcaires ou saumâtres.

► En parallèle aux dessins, les élèves constituent des herbiers : ils prélèvent un spécimen ou un fragment de chaque plante, depuis le bord éloigné jusqu'au centre du bassin.

Ils les aèrent, les font sécher entre des pages de journaux superposés et les collent ensuite dans leur cahier, selon l'ordre précisé par les dessins précédents.

► Les élèves repèrent ensuite les espèces animales associées à chaque communauté végétale.

Une nouvelle fois, la *guelta* est envisagée spatialement, en fonction du micro-milieu qu'elle crée en tant qu'habitat.

Les élèves décrivent les micro-milieus, les dessinent un par un, les colorient et placent les espèces en situation.

► Ils peuvent distinguer :

- Une zone immergée, plus ou moins lumineuse, où vivent plusieurs espèces, parfois locales, de poissons.

Exemple :

Cinq espèces locales de poissons ont été dénombrées dans les *gueltas* de l'*Ahaggar* à l'extrême sud de l'Algérie.

- Une zone de fond, accueillant dans des vases plus ou moins salées, des batraciens, des larves d'amphibiens, des invertébrés (crevettes d'eau douce).

Pages précédentes :

31. Femmes dans leurs pirogues,
Ganvié, Bénin
© UNESCO/Georges Malempré

33. Activités sur les berges
du fleuve Niger, Mali,
© UNESCO/Dominique Roger

32. Homme dans sa pirogue
en roseau *titora*,
lac Titicaca, Pérou
© UNESCO/Georges Malempré

34. Femme portant une pile
de paniers d'osier sur la tête,
marché de Cotonou, Bénin
© UNESCO/Georges Malempré



35 36



37 38



35. Mare d'eau saumâtre avec palmiers, typhas et joncs, région d'*Aharhar*, Algérie, 1986
© Michel Le Berre

36. Mare avec *Nerium oleander*, *Juncus sp.* et palmiers, *Ihérit*, Algérie, 1986
© Michel Le Berre

37. Myriophylles dans la *guelta* *In Houllila*, *Tassili*, Algérie, 1986
© Michel Le Berre

38. Reflet de palmier dans une mare et phragmites sur le bord, *Ihérit*, Algérie, 1986
© Michel Le Berre

- Une zone aérienne de surface où nichent les oiseaux sédentaires et les oiseaux migrateurs dans les plantes de bord d'étang, comme les tisserins, particulièrement granivores dans les massettes. Cet espace est également sillonné par les nombreux insectes volants de la *guelta*: mouches, moustiques, libellules comme *Hemianax ephippiger* dont se nourrissent les oiseaux.

- Une zone de surface au contact de l'eau, qui peut présenter quelques rares plantes flottantes en zones sèches et des plantes émergentes favorisant la ponte des larves d'insectes, de libellules notamment, dont les poissons sont friands.

- Une zone de bordure périphérique, où séjournent de nombreux mammifères (bétail, dromadaires, antilopes) qui viennent s'abreuver et se rafraîchir.

Une *guelta* constitue un point de ralliement incontestable pour les hommes, nomades, et leur cheptel, mais également pour la faune sauvage du désert qui repèrent vite ces points d'accès à l'eau moins imprévisibles.

Les mammifères, en stationnant, participent par leurs déjections, à l'enrichissement des milieux alentour de la *guelta*, fertilisant la terre et entretenant une faune d'insectes parfois endémiques (scarabées, coléoptères halophiles).

- En comparaison, les élèves représentent l'écosystème de la mare temporaire dans le temps.
- Ils montrent les étapes de l'apparition et de la disparition de la faune en fonction des états de remplissage ou d'assèchement de la mare.



39. Mare en saison humide,
région du W, Niger, 1995
© Michel Le Berre



40. Remplissage de mare,
région du W, Niger, 1995
© Michel Le Berre

Pour cela, ils relient les croquis réalisés précédemment, évaluant –dans le temps– le niveau d'eau de la mare, aux croquis des espèces correspondant aux stades évolutifs de la succession écologique.

► En parallèle, les élèves illustrent les qualités ou stratégies d'adaptation des espèces à un mode de vie cyclique et au manque d'eau. Elles sont en effet adaptées aux conditions de vie difficiles en mare temporaire.

- Ainsi, quand la mare est asséchée, certaines grenouilles survivent en creusant des terriers profonds dans le fond argileux de la mare, une forme d'adaptation d'ordre comportemental. Dès les premières pluies, elles quittent instantanément leur terrier.

► Les élèves les « représentent » d'abord abritées (dans leur terrier) puis libres, dès l'eau revenue.

- Dans les pays arabes, quand le fond des mares s'évapore durant la saison sèche, un crustacé comme *Triops granarius*, une forme de crevette grise, meurt sous sa forme adulte.

Mais avant que la mare ne s'assèche complètement, l'animal pond ses œufs, subsistant ainsi sous une forme résistante à l'assèchement. Les œufs de *Triops granarius* peuvent résister à une température de 90° et éclore en moins de quinze jours dès le retour de l'eau.

► Là aussi, les élèves les dessinent sous leurs deux formes, très facilement identifiables, en fonction du niveau de l'eau.

► Dans leur journal, les élèves représentent les espèces, au fur et à mesure de leur apparition, dans des cercles concentriques indiquant la profondeur de l'eau.

Dès les premières averses de la saison des pluies, une mince pellicule de végétation palustre se met en place au fond de la mare et de jeunes pousses de végétaux apparaissent sur son pourtour. Il s'agit du premier stade de la succession des cycles de vie.

► Après avoir représenté cette pellicule de végétation par un croquis, les élèves introduisent dans le suivant les crustacées et amphibiens qui apparaissent sur les fonds vaseux, déjà chargés en matière organique.

Ensuite, lorsque la mare est alimentée par l'écoulement d'un oued en crue plusieurs fois pendant la saison des pluies, l'eau montante de la mare peut charrier des poissons, le plus souvent des barbeaux comme *Barbus biscarensis* ou *Barbus deserti*.



41. Mare à marabouts,
région du W, Niger, 1995
© Michel Le Berre



42. Cobe de Fossa à proximité
d'une mare, région du W, Niger, 1995
© Michel Le Berre

► La classe peut également représenter les poissons-chats, d'origine tropicale, présents dans de nombreuses mares des pays arabes et en Afrique saharienne.

De grande taille et carnivores, beaucoup d'espèces de cette famille se nourrissent d'autres poissons. Quand la mare s'assèche, ils peuvent ramper sur la terre boueuse en quête d'une autre mare et en rejoindre une nouvelle, tel le poisson-chat de l'oued *Imirhou* (*Clarias gariepinus*). Ils répondent ainsi à l'isolation et à l'intermittence qu'implique leur mode de vie et signalent aussi un âge ancien où le Sahara était beaucoup plus humide.

► En accomplissant cette phase de l'exercice, la classe mesure l'importance écologique des espaces aquatiques pour l'écosystème et la conservation des milieux arides.

Lieux de vie ou de concentration de nombreuses espèces animales, qu'elles soient communes, locales, rares ou menacées, ces biotopes sont l'empreinte de la biodiversité ambiante.

De plus, mêmes temporaires, les points d'eau jouent un rôle décisif dans la recharge des nappes souterraines par percolation des eaux à partir de leur sous-écoulement ou inféro-flux.

4. Valoriser le rôle directement utilitaire du point d'eau dans le journal

► Dans leur journal, les élèves mentionnent l'utilité directe des points d'eau en tant qu'aires de potentiel de pêche et aires de production d'une végétation qui, souvent, ne pousse pas ailleurs, comme les plantes fourragères naturelles, précieuses en années sèches.

Ces points d'eau constituent d'autre part des abreuvoirs naturels indispensables à l'élevage du bétail.

► La classe dessine l'ensemble des espèces animales comestibles, extraites du plan d'eau ou du torrent, grâce à la pêche.

► Ils dessinent les outils nécessaires à celle-ci : barques, épuisettes, filets, cannes à pêche improvisées, hameçons. Souvent initiés, ils peuvent décrire une scène de pêche intégrant gestes appris et savoir-faire.

► Ils précisent ensuite les recettes qui accommodent les produits de la pêche comme les poissons.

► En parallèle, ils produisent un herbier des plantes prélevées dans le plan d'eau ou à proximité pour différents usages communautaires : plantes comestibles mangées crues en salade, algues comestibles, plantes médicinales et plantes fourragères.



43. Mare Bolé du village de Baro, Guinée, 2000: Vue partielle de la mare (à gauche), cultures saisonnières sur la partie asséchée de la mare après la saison humide (ci-dessous) et rassemblements festifs des sages du village
© Michel Le Berre



5. Approfondir les fonctions culturelles du point d'eau dans le journal

Enfin, quel rôle joue le point d'eau dans l'imaginaire, dans la pratique de la religion, le sens du sacré, tels qu'ils sont exprimés par la population ?

► Afin d'éclairer leur recherche sur le rôle culturel du plan d'eau de surface, les élèves explorent d'abord le caractère sacré des eaux de pluie pour les peuples du désert.

Comme les eaux superficielles sont rares et irrégulières et le stock d'eau souterrain lui-même épuisable – la recharge de certaines nappes étant liée aux crues, d'autres n'étant pas rechargées comme les nappes fossiles – l'eau est une substance si précieuse et si convoitée qu'elle occupe une place privilégiée, et à part, dans l'imaginaire collectif et la création culturelle.

► Dans de nombreux pays où dominent les religions monothéistes – continent sud-américain, pays arabes – la classe recherche des expressions et des récits qui assimilent l'eau de pluie à un don de Dieu.

► Dans beaucoup d'autres pays où dominent les religions polythéistes et où l'animisme est très présent, les élèves tentent de qualifier ou de décrire le héros, le génie, le personnage spécialisé qui représente l'eau de pluie.

En tant que contingence matérielle, l'eau de pluie est souvent associée à un génie.

Exemple :

En Afrique, les élèves maliens dessinent ou décrivent « Nommo » le génie de l'eau, un esprit aux pouvoirs extraordinaires qui prend de multiples aspects, bons ou redoutables, pouvant assurer la venue des pluies et la prospérité ou causer sécheresse et pauvreté si les membres de la communauté viennent à négliger son culte.

► La classe tente de le représenter sous ses multiples aspects et le relie à l'organisation de son culte dans le village.

► Ainsi, partant de ce contexte, les élèves repèrent, dans un second temps, en quoi la mare, la *guelta* ou la source sont associées à la vénération du génie de l'eau.

Recommandation :

À défaut de pouvoir décrire ou représenter des « rites » qui mettent en scène la mare, le plus souvent interdits, comme les rites d'initiation durant lesquels les non initiés sont lavés avec de l'eau puisée à la mare, les élèves font le choix de mettre constamment en valeur l'aspect patrimonial et mythique des points d'eau pour la collectivité.

À ce titre, ils exploitent les images véhiculées par les récits des conteurs ou, en Afrique, par les griots.

► Dans leur journal, ils illustrent le rôle du point d'eau dans le mythe de la fondation du village et dans la narration de son histoire quotidienne par les anciens.

En quoi la mare est-elle associée à une mythification de l'histoire communautaire ?

En quoi est-elle une porte, une voie de communication et d'échange avec les génies ?

En quoi est-elle magique, bienfaitrice pour le village, dans les récits qui sont rapportés ?

► À l'occasion de fêtes collectives, les élèves peuvent dessiner dans leur journal, les masques, les totems et les sculptures utilisés pour la célébration de rites publics liés à l'eau de la mare.

Exemple :

La mare est souvent le lieu de grands rassemblements populaires festifs, drainant la population d'une région entière et intégrant des rites souvent dansés de célébration et de consécration de l'eau, comme lors des fêtes de la mare *Bole* en Guinée.

► Ils consultent ensuite le maître de l'eau qui gère – en concertation – l'accès aux ressources des villageois, la rationalisation de la consommation et parfois, pénurie oblige, le rationnement.

Les élèves précisent et décrivent dans leur journal les règles qui conditionnent l'accès au point d'eau (pour la pêche par exemple) et la répartition des ressources entre les habitants.

► Ils rencontrent aussi le conseil de l'eau, rassemblant des anciens, souvent responsables locaux du culte de l'eau. S'ils le peuvent, les élèves les questionnent au sujet des offrandes ou des rites accomplis afin d'assurer la venue des pluies, la fertilité des terres ou la fécondité de l'eau.

05

De l'eau propre pour le village: carte et bande dessinée

Niveau
avancé



Lieu

en classe
et à l'extérieur



Durée

6 séances



Objectifs

1. Connaissances et compréhension

À travers l'élaboration d'une carte locale de l'eau, enrichie de plusieurs pictogrammes, les élèves évaluent la quantité et la qualité des ressources en eaux superficielles et souterraines de leur environnement.

2. Aptitudes

Par l'essai de plusieurs méthodes et technologies visant à l'assainissement et la réutilisation de l'eau ainsi qu'à son dessalement, les élèves explorent, à leur échelle, des alternatives intéressantes aux problèmes de pollution et d'épuisement des ressources qu'ils transmettent ensuite activement à la population par la diffusion d'une bande dessinée.

Déroulement

1. Réaliser la carte locale de l'eau

► Avec l'aide du professeur, les élèves répertorient les points d'accès de la population aux ressources en eau.

Quels sont les différents lieux où les familles collectent l'eau de consommation et disposent d'eau pour irriguer les cultures, pour abreuver le bétail, pour la lessive, la vaisselle, les lavages divers et l'hygiène personnelle?

► Sur un grand pan de papier au mur, les élèves dessinent une carte du village et de ses alentours. Ils y resituent les points d'accès aux eaux de surface et aux eaux souterraines, selon les besoins. Il est aussi possible de partir d'un plan existant.

► Selon les cas (le nombre de points d'accès pouvant être réduit), les élèves indiquent sur la carte les puits, les bornes fontaines, les pompes, les points de prélèvement à la source ou au bord du plan d'eau, de la mare, du lac, de la rivière, du fleuve:

Plutôt que de dessiner les espaces et les systèmes d'accès, les élèves inventent un jeu d'icônes ou de pictogrammes, indiquant s'il s'agit, pour le prélèvement des eaux souterraines par exemple, d'un puits à balanciers, d'un puits à traction animale, d'un puits temporaire dans le sable et creusé à la main, d'un puits profond et coffré, d'une pompe, d'un puits à poulie, d'un réseau de canalisations souterraines captant l'eau jusqu'à la surface (*foggara, qanat, khattara*).

► Ils positionnent ensuite les pictogrammes sur la carte pour localiser les points d'accès.

► Ils précisent à chaque fois l'usage auquel l'eau prélevée est destinée par une pastille de couleur.

Exemples:

- Une pastille bleue pour l'eau de consommation (boisson, cuisson);
- Une verte pour l'irrigation des jardins et des champs;
- Une mauve pour l'eau destinée à l'hygiène personnelle;
- Une jaune pour l'eau destinée aux animaux...



44. Femme collectant de l'eau dans la rivière, Bolivie
© UNESCO/M. Zevaco

► À ce stade, la classe procède à une évaluation de la quantité et de la qualité des ressources en eaux superficielles et souterraines à partir d'un examen des points d'approvisionnement. L'enseignant enchaîne par une série de questions auxquelles les élèves tentent de répondre en sollicitant l'aide précieuse des anciens et des responsables locaux de la gestion de l'eau.

- La disponibilité des ressources en eau douce superficielle est-elle réduite?
- A-t-elle globalement diminué?
- Certains puisards d'où sourd une nappe aquifère, des sources et des suintements trouvant habituellement leur voie par des ouvertures ont-ils disparu?
- L'oued et la rivière sont-ils bien alimentés en saison des pluies?
- La mare temporaire, formée par les précipitations chaque année, est-elle devenue imprévisible?
- Le stockage des eaux souterraines contribue-t-il à compenser dans l'écosystème la variabilité des eaux de ruissellement?
- Souffre-t-on parfois d'une pénurie d'eau potable, ce qui indiquerait un pompage excessif des ressources de la nappe phréatique?
- L'écosystème s'est-il appauvri?

Sur ce point, les élèves consultent les anciens de façon précise : existe-il des espèces, connues par les anciens, qui ont aujourd'hui disparu ?

- Localement, la biodiversité a-t-elle diminué depuis une date déterminée dans le passé (diminution de la variabilité des espèces, de la diversité génétique et de la diversité des écosystèmes)?

► Ils inventent un nouveau code de signes précisant le niveau, le débit ou l'alimentation du point d'eau en fonction de sa nature.

► Ils signalent, par ce nouveau système de pictogrammes, si la ressource en eau est préservée ou au contraire négligée et en voie d'épuisement.

Ils signalent également l'épuisement ou le tarissement de points d'eau qui n'existent plus.

► Le professeur explique qu'un pompage excessif des eaux souterraines – parfois la seule source d'eau potable en régions arides – peut entraîner une détérioration de la quantité et de la qualité de l'eau.

L'eau douce souterraine devient saumâtre du fait de l'intrusion de sel.

► La classe opère des prélèvements aux différents points d'accès de l'eau et constitue des échantillons dans des bouteilles ou des récipients transparents.

► Les élèves notent l'origine sur chaque récipient et tentent de qualifier l'odeur, la couleur et – lorsqu'il est possible de goûter – le goût des différents échantillons, en employant des adjectifs précis.

Ces précisions sur la qualité de l'eau peuvent être rajoutées sur la carte sous forme de notes succinctes.

Exemple :

Couleur: foncée ;

Odeur: âcre ;

Goût: non testé.

► Avec l'aide du maître de l'eau et de spécialistes de la santé, les élèves identifient quand tel est le cas, les sources de pollution qui peuvent affecter le goût, l'odeur et la couleur de l'eau ou qui la rendent saumâtre et corrosive.

► Là encore, ils inventent un système de pictogrammes pour qualifier chaque source de pollution.

Il peut s'agir de :

- pollution chimique directe due à l'utilisation de fertilisants ou de pesticides dans l'agriculture ;
- pollution de l'eau du fait de la proximité d'une décharge de produits toxiques ;
- pollution par déchets miniers ou provenant de l'exploitation de carrières ;
- pollution par les eaux résiduaires de l'industrie chimique ;

Si l'eau est saumâtre, s'agit-il d'un processus engendré par l'homme suite à :

- un mauvais drainage des systèmes d'irrigation ?
- une évaporation de l'eau causée par un changement dans l'utilisation des terres ?
- l'intrusion d'eau de mer due à un pompage excessif ?
- une pollution chimique directe ?

Enfin, il peut s'agir aussi de :

- pollution d'origine bactériologique (par les agents de la dysenterie, du choléra) ;
- pollution d'origine zoologique (par divers organismes pathogènes comme les larves de moustique transmettant la malaria, les bilharzies, les douves, les ascaris).

► Le professeur rappelle que dans la plupart des pays situés en zones arides, la contamination microbienne plutôt que chimique de l'eau est la source majeure de 80% des maladies.

Avant de reporter sur la carte le pictogramme correspondant à une source précise de pollution, les élèves s'assurent que le point d'eau est soit souillé, soit menacé.

► Pour cela, ils mènent l'enquête auprès de plusieurs usagers et consommateurs d'eau dont les besoins diffèrent.

Ils posent un certain nombre de questions simples, à défaut de pouvoir y répondre :

- Les différents puits fournissant l'eau de boisson dans l'environnement sont-ils coffrés ?
- Sont-ils protégés d'un couvercle ?
- Les puits sont-ils entourés de barrières les protégeant du bétail ?
- Sont-ils munis d'une margelle ou entourés d'un pavage de pierres isolant l'eau de la boue ou encore du piétinement du bétail ?
- Quand la collecte d'eau s'effectue à un torrent ou à une source, l'eau de boisson est-elle collectée en amont de points où le bétail vient s'abreuver, où les femmes font la lessive ?
- À la maison, les récipients contenant l'eau de boisson sont-ils protégés, couverts ?



45. Jeune éleveur abreuvant son bétail au puits à poulie du village, Abidi, Sénégal
© UNESCO/Dominique Roger

46. Ânes d'élevage s'abreuvant, Abidi, Sénégal
© UNESCO/Dominique Roger

Les points d'eau où l'on se lave et se baigne sont-ils eux aussi fréquentés par les animaux ou par d'autres utilisateurs comme les agriculteurs ou les industriels.

► Recoupant ces informations avec celles transmises par le maître de l'eau et par le docteur ou guérisseur dans leur effort de gestion, les élèves évaluent alors par un pictogramme, la pollution ou le risque imminent et constant de pollution de chaque point d'eau.

2. Interpréter la carte de l'eau

Une fois la carte réalisée, les élèves ont face à eux une synthèse de l'état des points d'eau de l'environnement.

- À partir d'une lecture des icônes, ils évaluent, avec le professeur, l'état précis des ressources en eau de surface et en eau souterraine et comprennent leurs interactions.
- Ils visualisent de manière condensée les déficiences de l'approvisionnement en eau, la pression exercée par la collectivité sur les stocks d'eau souterraine épuisables, la difficulté pour ces réserves de se recharger essentiellement par percolation des eaux à partir des lits des cours d'eau. Ils évaluent le danger réel pour la communauté de voir disparaître ces nappes d'eau peu profondes que forment les sous-écoulements ou inféro-flux, seules ressources en eau permanente des régions arides.
- À ce sujet, l'enseignant précise que l'infiltration et le stockage de l'eau se produit le long des lits des cours d'eau mais également sous les plans d'eau, lacs permanents ou mares temporaires.
- La classe peut faire le constat du degré d'épuisement de la nappe phréatique, en examinant sur le terrain la « santé » de végétaux, normalement bien implantés et résistants à la sécheresse, qui peuvent se dessécher ou se flétrir parce qu'ils ne parviennent plus à absorber l'eau par leurs racines.
- L'enseignant évoque la destruction des écosystèmes environnants dont la valeur économique, sociale et écologique est vitale pour la population.

► En lisant et interprétant la carte de l'eau, les élèves font aussi la relation entre les déficiences de l'approvisionnement et celles de l'assainissement et de l'hygiène de l'eau.

Le recours aux pictogrammes permet de saisir les interrelations entre la surexploitation des ressources naturelles et la détérioration de la qualité de l'eau.

Par l'interprétation des icônes, les élèves mettent le doigt sur les comportements inappropriés, les défaillances dans la responsabilité collective et le mode de gestion inadapté de l'eau.

► Dans l'enchaînement, le professeur rappelle la dimension de bien commun et universel qui caractérise l'eau. Elle est en effet vitale pour la collectivité comme elle l'est pour l'humanité, et nous la partageons tous.

Sa rotation à travers le cycle de l'eau témoigne de son caractère unique : nous buvons la même eau qui, auparavant, a été utilisée à toutes sortes d'usages et de fonctions par un nombre incalculable de personnes.

Il est donc nécessaire d'en prendre soin, de respecter autant que possible sa pureté, de l'utiliser avec parcimonie et de la gérer de façon durable et équitable.

► L'enseignant lance alors des pistes de réflexion visant à favoriser la conservation et l'utilisation durable des ressources locales en eau.

Parmi les méthodes ou technologies citées et présentées aux élèves, l'assainissement et la réutilisation des eaux usées ainsi que l'application de la technologie des énergies renouvelables comme l'énergie solaire pour le dessalement, apparaissent comme des alternatives intéressantes.

Ainsi, dans le cadre du projet SUMAMAD déjà cité, l'équipe de recherche de la réserve de biosphère *El Omayed*, le site égyptien choisi pour le projet, propose un système de dessalement et de purification des eaux salines extraites des puits de la région selon le principe d'évaporation et de condensation explicité ci-dessous, p. 177. L'eau s'écoule par gravité depuis un réservoir jusqu'à quatre unités de distillation qui séparent le sel de l'eau en utilisant l'énergie solaire.

3. Pratiquer certaines expériences de dépollution en classe

Guidée par le professeur, la classe se lance dans plusieurs tentatives concrètes d'assainissement ou de traitement d'eaux usées ou saumâtres dans l'espace de l'école.

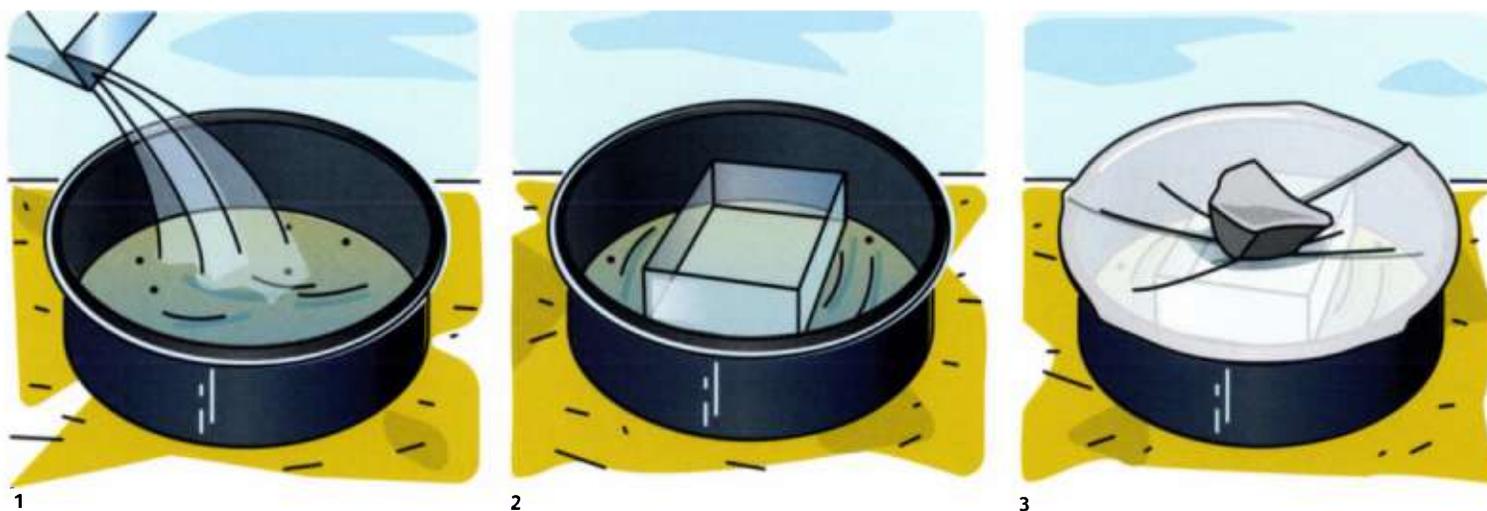
Comment, dans un premier temps, opérer le nettoyage d'une eau sale, chargée de particules ?

► Le professeur suggère la technique de la filtration sur sable qui est bien adaptée à l'élimination de la turbidité et de la matière organique en suspension dans l'eau.

► La classe se munit d'un tamis doté d'un filtre fin.

► On dépose une couche relativement épaisse (quelques centimètres) de graviers sur le filtre, puis une couche plus épaisse de sable, que l'on surmonte à nouveau d'une couche plus fine de graviers. Les couches de graviers permettent de maintenir le sable en place.

Les différentes étapes d'une expérience d'épuration d'eau par distillation solaire



► On déverse ensuite sur l'ensemble une bonne quantité d'eau usée contenant des graisses, des particules de matière organique, et autres matières polluantes et on observe...

Les couches de graviers et de sable captent et extraient les particules présentes dans l'eau, en fonction de leur grosseur: d'abord les amas de matière organique, les débris, ensuite les petits insectes et organismes, les algues, le zooplancton, les poussières en suspension.

► Les élèves peuvent observer sous le gravier, à la surface du sable, une pellicule constituée de poussière, de particules et de micro-organismes filtrés par le processus. Celle-ci forme une sorte de « peau », de film biologique.

► À la fin de la démonstration, le professeur explique qu'il existe des installations de filtration d'eau sur sable prévues pour les collectivités et qu'il s'agit d'une méthode de purification économique.

Il décrit une installation qui, en général, se compose d'un bassin contenant une couche d'eau brute, un lit de matériau filtrant constitué de sable et intégrant des drains, enfin un système de régulation et de commande du filtre.

► La classe procède ensuite à une expérience d'épuration d'eau par **distillation** solaire.

La distillation est également appliquée pour dessaler l'eau dans de nombreuses régions du monde et fournir de l'eau douce à partir d'eau saumâtre ou d'eau de mer.

► Les élèves se munissent d'une bassine en plastique, si possible de grande taille, ronde et de couleur foncée. Le noir ou une couleur foncée absorbe toujours plus de chaleur (1).

► Ils versent de l'eau saumâtre issue de la mare ou du puits dans la bassine (2).

► Ils placent ensuite le récipient vide et soigneusement rincé au centre de la bassine, avant de recouvrir celle-ci d'une feuille de plastique propre si possible transparente (3).

► La feuille de plastique est fixée à l'aide d'une ficelle autour de la bassine tout en étant tendue en entonnoir à l'aide d'une pierre que l'on met au centre. Avec le poids de la pierre, la feuille de plastique décrit un cône descendant en direction du récipient placé à l'intérieur (4).

► Les élèves placent le distillateur sous le soleil (5).

Avec les températures élevées, l'eau versée dans la bassine va chauffer et rapidement s'évaporer.

► La vapeur d'eau se condense sur la surface intérieure de la feuille de plastique et s'écoule, en suivant les lignes du cône descendant, pour finalement tomber en gouttes dans le récipient (5).

Après une ou deux journées d'exposition, le récipient est plein.

► Les élèves retirent la feuille de plastique et observent.

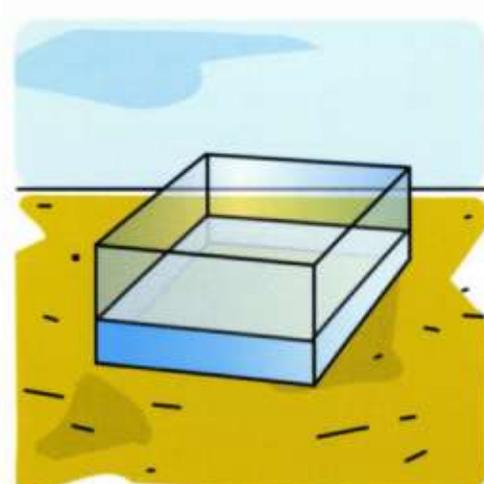
Des traces de sel ou des dépôts qui étaient en suspension dans l'eau saumâtre utilisée sont restés fixés sur le fond de la bassine.



4



5



6

Les différentes étapes de réalisation d'une station d'épuration d'eau par lagunage



L'eau contenue dans le récipient est réellement épurée tant du point de vue chimique que bactériologique (6).

► Les élèves goûtent cette eau. Peut-on en apprécier la saveur?

Elle ne remplit cependant pas tous les critères de potabilité, puisqu'une eau parfaitement biocompatible à l'être humain doit être, si possible, faiblement minéralisée et « vivante », au sens où elle peut contenir certains organismes vivants (bactéries) qui ne nuisent pas à la santé.

Or, l'eau distillée n'est pas minéralisée et elle est clairement épurée.

► Les élèves peuvent se renseigner sur la façon de la reminéraliser (en y ajoutant par exemple de l'argile propre).

L'eau obtenue ainsi, par distillation solaire, a cependant l'avantage d'éviter la contamination bactériologique des populations. Elle est donc très largement utilisée dans de nombreux pays situés en zones arides. Sa consommation entraîne, entre autre, une très nette diminution des diarrhées parmi les enfants.

► Par écrit, la classe prend soin de mémoriser les étapes de chaque expérience, de façon à pouvoir les restituer à travers l'élaboration d'une bande dessinée (cf. par. 5, ci-dessous, p. 180).

4. Réaliser une mini station d'épuration d'eau par lagunage

Une dernière expérience à mener peut concerner un processus d'assainissement à plus large échelle avec l'épuration d'eau destinée à l'arrosage du jardin.

Remarques et suggestions :

L'entreprise est plus ambitieuse que les expériences précédentes et requiert un engagement de la classe à long terme, non pour la réalisation du système, qui est rapide, mais pour son observation régulière. L'intérêt du processus d'épuration biologique s'établit dans le temps, après des mois d'usage.

Le site est déterminé en fonction de l'imperméabilité des sols qui doit garantir une bonne retenue des eaux en surface.

Il est d'autre part recommandé de choisir un site marqué par une légère déclivité.

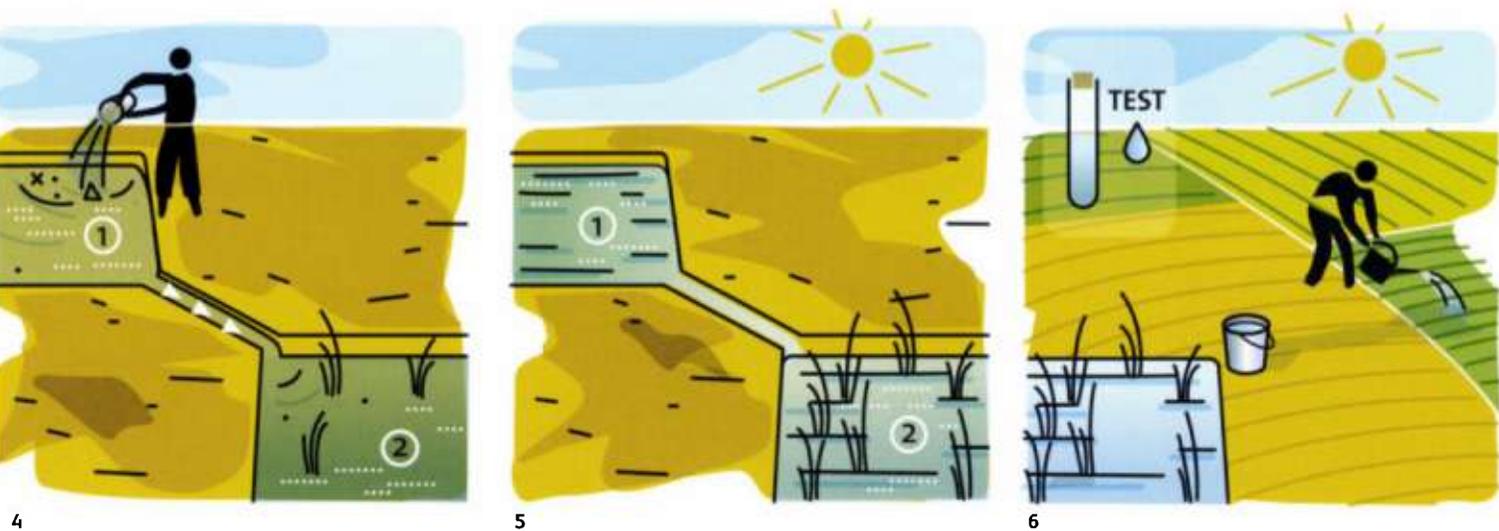
Enfin, la classe doit pouvoir bénéficier des conseils avisés et du soutien permanent d'adultes connaisseurs.

► En fin de saison des pluies, alors que les averses sont moins fortes et plus espacées, l'ensemble de la classe, aidé de plusieurs volontaires parmi la population, creuse deux bassins sur le site choisi.

Le premier bassin, d'environ trois mètres sur quatre, est situé à un niveau supérieur.

Le second bassin, en contrebas, peut être de taille plus réduite.

Les deux bassins sont creusés sur une hauteur de 50 centimètres et l'eau va circuler du bassin supérieur au bassin inférieur, en fonction du remplissage et de l'écoulement par gravité (1) et (2).



► Dans le premier bassin, les élèves n'introduisent pas de plantes. Il est partiellement rempli avec l'eau des dernières pluies (2).

► Les élèves avisent ensuite la population en leur conseillant de venir déverser l'ensemble de leurs eaux usées : eau de vaisselle, de toilette, de lavage, de lessive, dans ce bassin. On peut même imaginer qu'une arrivée d'eaux résiduelles issues de l'agriculture, parviennent directement dans le bassin (4).

► Pour l'épuration des eaux dans ce premier bassin, la classe mise sur l'impact de la lumière solaire et le développement rapide d'algues qui, par la photosynthèse, prolifèrent et fournissent de l'oxygène à des bactéries dites « aérobies » (nécessitant de l'oxygène pour vivre).

Ce sont ces colonies de bactéries aérobies qui vont dégrader les matières organiques en suspension dans l'eau, dégageant ainsi les nitrates et les phosphates dont les algues, à leur tour, vont se nourrir (5).

Les sels minéraux les plus polluants sont ainsi assimilés et une grande partie des matières en suspension décantent dans le fond du bassin.

► Tout au long du bord du bassin situé du côté de la pente, les élèves, toujours aidés par quelques adultes bénévoles, construisent un muret étanche, de façon à mieux contrôler l'eau qui s'écoule. Au centre du muret, ils prévoient une partie surbaissée où l'eau va s'écouler par débordement jusqu'au bassin inférieur.

► Ils introduisent ensuite des « macrophytes » (grands végétaux) dans le second bassin (3).

► Pour cela, ils prélèvent certaines plantes marécageuses, en priorité des spécimens de roseau commun (*Phragmites communis*) ou de massette à larges feuilles (*Typha latifolia*) sur les bords d'une mare ou d'une nappe d'eau existante.

Ils choisissent de beaux spécimens qu'ils transplantent sur les bords du bassin en maintenant un faible niveau d'eau.

► À tour de rôle, les élèves veillent à ce que le bassin ne s'assèche pas et soit alimenté par une arrivée d'eau de pluie ou une réserve d'eau. De cette façon, les plantes s'enracinent rapidement. Au fur et à mesure que les eaux du premier bassin leur parviennent, les plantes assimilent le reste des éléments minéraux présents dans l'eau, en fixant notamment les composés phosphorés et les composés azotés, parfois les métaux lourds et éventuellement les détergents (5).

► Les élèves peuvent introduire des plantes flottantes, comme les lentilles d'eau qui sont efficaces pour l'épuration des métaux lourds.

► Ils veillent à entretenir régulièrement la circulation d'eau en fauchant les végétaux qui, autrement, vont proliférer et obstruer rapidement le bassin.

Les dernières particules de matière organique encore en suspension seront consommées par le zooplancton associé aux plantes (daphnies, larves d'insectes et de mollusques) (5).

► Une fois que l'eau usée a stagné deux mois dans les bassins, les élèves peuvent la réutiliser, en testant sa qualité au préalable. Si elle est suffisamment propre et décontaminée, ils pourront la collecter et l'utiliser pour irriguer de petites cultures ou pour arroser leur jardin (cf. Chap. 3, act. 7, p. 120) (6).

5. Constituer une bande dessinée à partir des expériences menées précédemment et la diffuser

► Dans cette dernière partie, la classe s'occupe de réaliser une bande dessinée qui va permettre de mettre en scène, par plusieurs séquences d'images, les différentes alternatives envisagées aux problèmes de pollution et d'épuisement des ressources telles qu'elles sont développées à travers la filtration, la distillation, et l'épuration d'eau par lagunage.

► Pour ne pas multiplier les dessins, le professeur et la classe inventent un personnage: le héros de la bande dessinée, une figure collective, qui représente tous les élèves à la fois. Les élèves peuvent néanmoins le dessiner en compagnie d'autres figures d'enfants ou d'adultes représentés de manière anonyme, afin de varier la composition.

Ce personnage central est celui qui impulse et guide l'action de filtration, de distillation ou d'épuration. Il doit être identifiable par tous et facile à reproduire.

► L'enseignant divise la classe en plusieurs groupes en fonction du nombre de scénarios envisagés.

À l'intérieur de chaque groupe, plusieurs sous-groupes vont dessiner chacun une séquence du scénario. Il vaut mieux en effet proposer une division de chaque scénario en séquence et privilégier à chaque fois un ou deux messages par séquence.

Exemples:

Scénario de la filtration sur sable:

1. Séquence montrant la fabrication du filtre;
2. Séquence montrant l'expérience de filtration proprement dite.

Scénario de l'épuration par lagunage:

1. Séquence montrant la réalisation du 1^{er} bassin;
2. Séquence montrant la réalisation et l'aménagement du 2^e bassin;
3. Séquence montrant le déversement des eaux usées dans le premier bassin, le processus d'épuration et la circulation des eaux d'un bassin à l'autre par débordement;
4. Séquence montrant le processus d'épuration dans le second bassin, la collecte de l'eau épurée, puis l'irrigation à partir de celle-ci.

► Avant de se lancer dans la réalisation des séquences, les élèves élaborent un style commun :

- Chaque groupe s'entraîne à représenter le personnage principal;
- Au sein du groupe, chaque illustration est d'abord pré-testée pour garantir qu'elle est lisible, que les objets et les personnages sont identifiables et que le message induit par chaque image est compréhensible pour tous.

► Les élèves réalisent ensuite les séquences de chaque scénario; ils dessinent le héros en situation, développant les trois techniques de la filtration, de la distillation et de l'épuration. Ils manifestent aussi dans leurs dessins le plaisir de retrouver le goût et l'image d'une eau saine, la plus limpide possible, à travers la représentation de ses qualités plastiques par la lumière et la couleur.

► Lorsque la bande dessinée est terminée, les élèves la diffusent activement auprès de l'ensemble de la population.



47

47. Jeune scientifique, laboratoire d'analyse de l'eau de la Mer d'Aral, Aralsk, Kazakhstan
© UNESCO/Zhanat Kulenov



48 et 49. Études et tests menés par des scientifiques de l'Institut de Géographie, Mer d'Aral, Kazakhstan
© UNESCO/Zhanat Kulenov

48

49

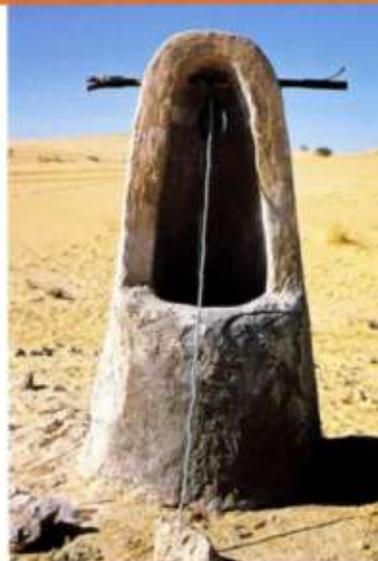


50

50. Femme lavant la vaisselle, village de Koloni-Boundio, Mali
© UNESCO/Inez Forbes

52

51. Femme puisant de l'eau au puits du village entouré d'un revêtement en ciment, village de Koloni-Boundio, Mali
© UNESCO/Inez Forbes



52. Puits, Hassi Khalifa, Algérie, 2002
© Olivier Brestin



51

06

Fresque en panneaux de l'hydraulique villageoise

Niveau **★★★**
avancé

Lieu 
en classe
et à l'extérieur

Durée 
6 séances

Objectifs

1. Découverte de l'environnement

Considérant l'impact de l'agriculture irriguée sur l'épuisement des ressources, la classe redécouvre les techniques traditionnelles de collecte, de captage et de transport de l'eau à travers des parcours-découvertes, par la déambulation, puis par le dessin qui permet de saisir la beauté et l'ingéniosité de ces aménagements ou techniques.

2. Connaissances et compréhension

L'enchaînement de plusieurs dessins en grand format sur la fresque permet de mettre en lumière la pertinence écologique de l'hydraulique villageoise traditionnelle, qu'il s'agisse d'un système élaboré d'irrigation à partir des eaux souterraines ou d'un réseau organisé de canaux et de réservoirs à l'air libre.

Déroulement

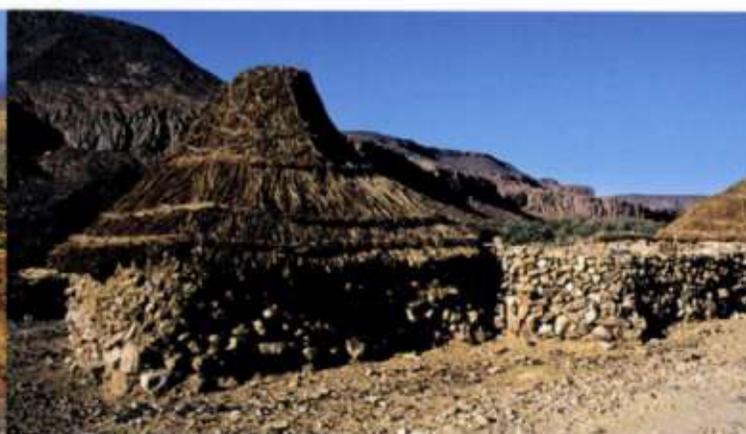
1. Repérer dans le paysage les aménagements de pierres permettant de capter l'eau atmosphérique et l'eau de ruissellement

► Sur les conseils du professeur, les élèves parcourent leur environnement et se mettent en quête de différents exemples d'architecture de pierre disséminés dans le paysage.

Il peut s'agir de murets de pierres, d'amas de pierres disposés en tas, de tumuli ou de constructions apparentées, de citernes recouvertes d'un tas de pierres calcaires, de digues ou diguettes placées dans les ravines des pentes, de cordons pierreux...



53. Paysage avec murets de pierres, région d'Honaine, Algérie, 2002
© Olivier Brestin



54. Maison traditionnelle en pierres, oued d'Ithérir, Algérie, 2002
© Olivier Brestin



55. Kesria dans la foggara, palmeraie de Tolga, Algérie, 2002
© Olivier Brestin

Exemples:

Les tumulus ou les maisons de pierres circulaires (*specchie*) que l'on trouve dans certains pays du pourtour méditerranéen; les **gabions** qui sont des diguettes de pierres enserrées dans une armature métallique, une technique exportée d'Europe pour lutter contre l'érosion et répandue dans les pays africains; les jarres-citernes, construction ancestrale de réservoir fabriquée à partir d'une énorme jarre enfoncée dans le sol et recouverte d'un tas de pierres calcaires qui captent l'humidité atmosphérique. On les trouve beaucoup tout autour de la Mer Rouge.

► Les élèves déambulent et parcourent l'espace aménagé par ces constructions de pierre, parfois très anciennes, intégrées au paysage et créant ici et là des recoins, des espaces cachés, des micro milieux propices à la découverte, un parcours accidenté induisant des mouvements dans le déplacement.

► Le professeur explique:

Ces constructions de pierre jouent un double rôle dans la gestion de l'eau: d'une part, elles permettent de retenir et de collecter les eaux de ruissellement en favorisant leur écoulement dans le sol, d'autre part, dans les régions où l'humidité atmosphérique est forte, elles permettent de capter l'eau de l'atmosphère par concentration et condensation de l'humidité.

► Près d'un alignement de pierres, le professeur poursuit son analyse:

Les murets sont opérants dans les zones de passage des eaux que l'on se situe sur un terrain plat ou sur un terrain en pente.

Ils limitent la force du ruissellement en retenant l'eau, en ralentissant son cours à travers le champ: l'eau se répand sur la terre et s'infiltré plus facilement dans le sol au lieu de se perdre en surface. Sans utilisation de ce moyen mécanique, nombre d'oueds, du fait de l'entraînement du courant, ravinent les terres et disparaissent prématurément dans le sable, également taris sous l'intense chaleur.

► La classe s'entraîne à l'observation du micro-milieu créé par le muret.

Des plantes locales poussent en suivant la ligne des pierres car, en cette zone, l'humus se concentre. Au moment le plus chaud, le muret retient aussi l'humidité atmosphérique qui est renvoyée vers le sol, et crée une ombre bienfaitrice à l'abri du vent et de la chaleur.

► Les élèves découvrent puis dessinent ces plantes parfois rares, trésors cachés, qui souvent poussent uniquement là, grâce à l'ingéniosité d'une technique ancestrale de captage des eaux.

► Ils réalisent des croquis de détail, des croquis d'ambiance, puis des dessins techniques du muret où ils observent l'architecture de pierre : a-t-on utilisé des plaquettes de schistes, des pierres calcaires globulaires, des pierres taillées, des pierres de granite assez grossières et des éléments polygonaux (cailloutis) dans la construction ?

► Le professeur rend l'étude encore plus pertinente en concentrant l'observation sur les pierres qui composent un tumulus ou un abri (*specchie*, citerne à toit) ou qui recouvrent une citerne ouverte en surface.

► Il explique que ces pierres poreuses sont productrices d'eau à la fois le jour et la nuit.

- Dans la journée, en zones arides ou semi-arides, surtout en fin de saison humide, le vent transporte en moindre quantité de la vapeur d'eau qui pénètre par les interstices des pierres. La condensation s'effectue par choc thermique à l'intérieur de la construction, puisque la température y est plus basse qu'à l'extérieur. La vapeur d'eau se condense en gouttes d'eau qui, en tombant, sont absorbées dans le sol ou s'accumulent dans une cavité.

- La nuit, la condensation s'effectue à la surface extérieure des pierres, plus froides que la température ambiante ; les gouttes de rosée qui s'y accumulent glissent par les interstices, à l'intérieur de la construction, où elles sont récoltées.

► De retour en classe, les élèves s'attachent à composer le premier panneau de la fresque « racontant » l'hydraulique traditionnelle.

Sur ce premier panneau, ils dessinent en grand format les éléments d'architecture de pierres qu'ils viennent d'interpréter et représentent les techniques de captage et de gestion des eaux superficielles qui leur sont associées.

2. Étudier l'inscription des terrasses dans le paysage et les identifier comme une méthode de gestion des eaux superficielles

► Quand la classe se situe dans un environnement qui s'y prête, les élèves se rendent sur le terrain pour observer l'aménagement de versants en terrasses.

Ils cheminent de la base au sommet, à plusieurs niveaux, parcourent ces escaliers de géants, découvrent les micro-milieus situés à chaque étage et les cultures qui leur sont associées, arpentent les passages d'un niveau à l'autre, explorent les recoins et organisent un jeu de pistes ou une chasse aux trésors.

► Ils adoptent un point de vue surplombant et s'attachent à rendre par le dessin et la couleur l'aspect graphique et, parfois très coloré, des terrasses vues du dessus.

Ils dessinent ainsi :

- Les courbes de niveau surlignées ;
- Les lignes serpentes de chaque niveau, parfois prolongées d'une terrasse à l'autre sur de longues distances ;
- Le périmètre de chaque parcelle de forme variable ;
- L'imbrication des cultures en une mosaïque de couleurs ou de nuances colorées.

► Le professeur introduit la notion de courbe de niveau qui représente la ligne joignant tous les points d'une même altitude.

L'ensemble des courbes de niveau permet notamment la représentation du relief sur une carte.

► Il explique aux élèves que la construction de terrasses se fait à partir des courbes de niveau d'où s'érige le muret de pierres qui sert de soutènement à la surface de terre aplanie.

► Il poursuit en expliquant que les terrasses favorisent une bonne gestion des eaux superficielles car elles permettent de répartir l'humidité dans le sol et surtout, en parallèle, de lutter contre l'érosion.

► Sur le terrain, la classe peut vérifier que le bord d'une terrasse, constitué du muret, est très légèrement incliné vers le sens de la pente, ce qui permet à l'eau de ruissellement de couler progressivement sans causer d'érosion.

Les terrasses réduisent ainsi les effets érosifs des pluies torrentielles.

► L'enseignant précise enfin que certaines terrasses sont encore plus élaborées dans la création d'une hydraulique captant les ressources naturelles car elles sont surélevées.

► Formées de plusieurs strates, la couche supérieure de terre fertile est répandue sur une première couche de grosses pierres, surmontée d'une couche de pierres plus petites qui servent à drainer les eaux d'irrigation.

Là encore, l'infiltration est facilitée et l'on évite l'érosion de surface... deux conditions indissociables pour une bonne gestion des eaux superficielles.

3. Constituer le deuxième panneau de la fresque et y inclure les éléments d'une hydraulique liée aux eaux de surface

► De retour en classe, les élèves entament la représentation du deuxième panneau de la fresque.

► Ils dessinent, en grand format, un paysage d'agriculture en terrasses avec les murets de pierres, les différents niveaux des terrasses et les voies d'accès, souvent de petits escaliers transversaux intégrés dans les murets de pierres.

► Dans des croquis parallèles, ils décrivent sommairement (en deux croquis comparatifs) l'élaboration de ces composantes :

- La construction du muret depuis ses fondations sur de grosses pierres jusqu'aux cailloux glissés dans les interstices;

- L'aplanissement de la terrasse et le résultat ingénieux que constitue la parcelle, rendue plate, arable et cultivable, « prise » sur la pente à priori infertile, et pourtant créée à partir de la terre présente sur cette pente.

56 et 57. Cultures en terrasses,
région de Socaire, désert d'Atacama, Chili, 2002
© UNESCO/Olivier Brestin





58. Femme s'approvisionnant au point d'accès à l'eau, village isolé des Andes, Équateur
© UNESCO/Jean Cassagne

60. Champs irrigué, Mexique
© UNESCO/France Bequette

59. Plantations expérimentales d'oliviers dans des cuvettes en forme de croissant retenant l'eau, ICARDA, Syrie, 2006
© Thomas Schaaf

61. Irrigation par aspersion à l'aide de rampes d'arrosage, Sénégal
© UNESCO/Dominique Roger

59

61

► Dans un coin du panneau, la classe compose un texte racontant les étapes de ces paysages uniques, témoignant d'une relation complémentaire entre l'homme et la nature.

Les élèves tentent d'exprimer :

- Comment les hommes redessinent patiemment les versants arides en respectant leurs replis naturels;
- Comment ils repèrent des surfaces concaves, remplissent de graviers les failles des pentes pour éviter les éboulements, érigent des murs de pierres et rehaussent couche par couche le niveau de la terre, gagnant ainsi des surfaces exploitables;
- Comment les hommes se posent ainsi en créateur de paysage, en artiste du paysage.

Exemple:

Ils peuvent citer les travaux magnifiques que constituent les terrasses d'Éthiopie, du nord Cameroun, celles des Andes, des reliefs arabiques, au Yémen notamment, où les courbes de niveau sont surlignées par des barrages de pierre qui interceptent l'eau de ruissellement pour la redistribuer sur les parcelles.

► Sur le dessin central du panneau, les élèves représentent, par la couleur, l'alternance des cultures et de la végétation, selon les niveaux, ainsi que les associations d'espèces au sein du même niveau.

Exemple:

Dans les Andes, jusqu'à 15 niveaux d'écosystèmes ont été définis par les scientifiques et, selon les étages, les agriculteurs cultivent plusieurs espèces végétales en association, les plus courantes étant le maïs, les haricots, les « patates », l'orge, le quinoa.

► Pour matérialiser les cultures, des matériaux divers et du collage, peuvent être introduits dans le dessin.

► Toujours sur le dessin central, les élèves montrent les différents processus de gestion de l'eau engendrés par les terrasses.

- Ils indiquent par des flèches comment les différents niveaux décalés recueillent l'eau des précipitations et la répartissent naturellement sur le versant.
- De la même façon, ils décrivent le mouvement ralenti des eaux de ruissellement suivant l'inclinaison de la terrasse dans le sens du débord de la pente.
- Ces eaux pouvant être interceptées par des barrages de pierres, les élèves se servent des flèches pour indiquer les mouvements.
- Si la terrasse est surélevée, ils indiquent l'infiltration des eaux superficielles et leur migration à travers les sols.

Certaines terrasses sont munies d'un réseau hydraulique de récupération et de transport d'eau de pluie; ce type de réseau existe également sans être associé à l'agriculture en terrasses.

► La classe va donc s'efforcer de représenter l'hydraulique villageoise des eaux superficielles quand elle existe, qu'elle soit ou non associée à l'aménagement de terrasses.

► Les élèves repèrent la localisation des réservoirs d'eau pluviale et le réseau des voies de transport et d'irrigation.

► Quand le réseau se situe sur des terrasses, les élèves précisent les points suivants :

- L'eau est-elle stockée en haut des pentes dans des réservoirs en amont des voies d'irrigation ?
- L'eau provient-elle de la fonte des neiges, de ruisseaux ou de torrents ?
- L'eau est-elle distribuée par des canaux de pierre d'une terrasse à l'autre ?
- L'est-elle par des conduits de diamètres différents permettant de contrôler l'apport d'eau selon la taille des parcelles ?
- Les conduits sont-ils en bambou, en bois ou en pierres ?
- L'eau est-elle répartie par des canaux d'irrigation que partagent, par exemple, les habitants d'un même village, localisé précisément sur le versant ?

► Une fois qu'ils ont éclairé ces différents points, les élèves peuvent représenter de manière très suggestive l'ensemble du système hydraulique sur la fresque.

► Quand le réseau n'est pas situé sur une terrasse, les élèves repèrent les réservoirs de collecte d'eau dans l'environnement, généralement au bas de collines ou de zones de passage des eaux.

- Sont-ils de simples réservoirs en terre, creusés à la main, comme les *johads* en Inde ?
- Forment-ils un ou plusieurs barrage(s) permettant de retenir les eaux d'écoulement d'un oued ?
- Existe-t-il, à partir de ces réservoirs, un réseau de citernes mobiles transportées par les hommes ou les animaux et acheminant l'eau jusqu'aux points d'irrigation des vergers ou des cultures ?

► Là aussi, une fois ces aspects éclairés, les élèves représentent de façon vivante et imagée sur la fresque, l'hydraulique villageoise liée aux eaux de surface.

4. Comprendre la synergie entre la lutte contre l'érosion et une bonne utilisation de l'eau dans le troisième panneau

► Accompagnés du professeur, les élèves se rendent sur le terrain, près de zones fortement érodées par les eaux des précipitations.

► Sur place, ils peuvent constater le creusement de ravines et repèrent les techniques employées localement pour freiner les effets du ravinement.

Il s'agit souvent de digues filtrantes composées de pierres afin de limiter la force du courant et de provoquer l'infiltration.

Là où les digues anti-érosives ne suffisent pas, les élèves observent le rôle actif joué par la végétation renaissante ou une surface boisée nouvellement implantée en amont de zones fortement érodées.

► De façon générale, en parcourant plusieurs zones concernées, la classe constate l'importance de la reforestation dans l'organisation de l'hydraulique villageoise.

► Le professeur éclaire à nouveau l'analyse :

- En l'absence de terrasses, la reforestation est essentielle pour lutter contre l'érosion et préserver les ressources en eau.

- Sans végétation sur les collines ou sur les zones de passage des eaux, l'érosion ensable les réservoirs et l'eau ne percole pas jusqu'aux nappes phréatiques.

► L'enseignant insiste :

Captage des eaux, reforestation, lutte contre l'érosion, sont étroitement imbriquées dans toute véritable tentative de restauration des terres dégradées.

► Les élèves se concentrent alors sur les méthodes utilisées pour planter les végétaux intégrant une technique adaptée d'irrigation.

► Sur le troisième panneau de la fresque, ils représentent par une série de dessins successifs, l'élaboration de cuvettes en forme de croissant, creusées à la base d'arbres plantés sur les collines.

Exemple :

Dans de nombreux pays, par exemple en Syrie ou en Tunisie, ces bassins de terre creux, peu profonds, souvent renforcés d'un pourtour de pierres, recueillent l'eau nécessaire à la croissance des oliviers, tout en favorisant la rétention d'eau dans le sol.

► Selon le même principe, les élèves représentent la technique proche des demi-lunes de pierre placées devant un trou de plantation et disposées en quinconce sur de fortes pentes.

Exemple :

En Afrique, on place du fumier dans le trou avant de semer plusieurs graines de mil. L'eau refoulée par les demi-lunes de pierres participe fortement à la croissance des végétaux et au bon fonctionnement du processus.

► Dans le même esprit, les élèves illustrent sur le panneau la technique du *zaï* qui désigne l'amélioration du trou de la plantation par une poche d'eau, creusée dans la terre, et enrichie par un fertilisant.

À partir de dessins comparatifs, ils représentent l'augmentation du diamètre et la profondeur du trou que l'on maintient irrigué et enrichi de fumier pendant la saison sèche.

Encore une fois, l'action conjuguée de l'eau et du fertilisant permet à la culture en place, millet ou sorgho, de résister à de longues périodes de sécheresse.



62

62. Village de *Shallaleh Saghireh*,
vallée *Khanasser*, Syrie, 2006
© Thomas Schaaf



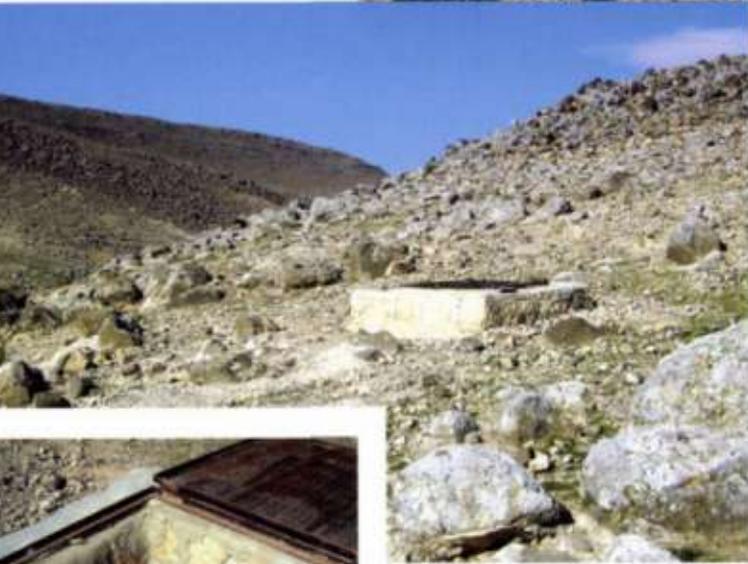
63

63. Villageois, *Shallaleh Saghireh*,
vallée *Khanasser*, Syrie, 2006
© Thomas Schaaf



64

64. Canal extérieur du *qanat*,
Shallaleh Saghireh, Syrie, 2006
© Hélène Gille



65 et 66. Trappes des puits verticaux
menant aux canalisations
souterraines du *qanat*, Syrie, 2006
© Hélène Gille



65



66

67. Groupe de villageoises,
Shallaleh Saghireh, Syrie, 2006
© Thomas Schaaf

68. Bassin de stockage du *qanat*,
Syrie, 2006
© Hélène Gille



67



68



70

69. *Noria* traditionnelle, Hama, Syrie, 2006
© Thomas Schaaf

70. Roue hydraulique de la *noria*, Hama, Syrie, 2006
© Thomas Schaaf

5. Consacrer le quatrième panneau de la fresque aux systèmes traditionnels de captage des eaux souterraines

► Dans leur région environnante, les élèves repèrent la ou les techniques traditionnelles utilisées pour capter et transporter l'eau souterraine en surface.

La plupart de ces systèmes reposent sur une exploitation durable des ressources et préservent l'équilibre des couches aquifères, par exemple en maintenant un échange entre l'humidité atmosphérique et l'humidité dans le sol – comme avec le système des *foggaras* (galeries souterraines de collecte d'eau) également appelées *khetaras* au Maroc et *quanat* en Asie centrale (Iran, Syrie).

► Aidés par leur professeur, les élèves examinent ces systèmes et apprennent à les comprendre.

► Ils les resituent d'abord dans leur contexte:

- Une *noria* traditionnelle en bois (roue hydraulique) alimente souvent un réseau de bassins et de canaux; elle se situe vraisemblablement près d'une rivière qui alimente un sous-écoulement régulier en zone aride ou dans une zone géographique permettant un accès direct à la nappe phréatique.

- Le système des *foggaras* est indissociable du contexte de l'oasis traditionnelle, dont il régule l'activité.

Le système reposant sur la force de gravité pour le transport de l'eau, il est nécessaire, pour l'utilisation de cette hydraulique, que l'oasis se trouve dans une vallée ou au pied d'une faille afin que son niveau soit au-dessous de celui de la nappe phréatique.

- ▶ À ce stade de déroulement de l'activité, on invite les élèves à parcourir eux-mêmes les espaces des systèmes hydrauliques, (on les responsabilise auparavant); ils y flânent, et munis de carnets, sont invités à réaliser des croquis d'ambiance, au fil de leurs pérégrinations.
- ▶ Ils captent la magie des lieux, l'intérêt visuel du mécanisme d'une roue à godets, l'architecture dans laquelle elle s'intègre, l'enchaînement des bassins.
- ▶ Ils dessinent sous différents angles, en des points de détail variés, le microcosme que constitue l'oasis qui, s'il ne représente pas une image idéale, « le jardin des délices » ou le *Jenna* du Coran, reste un espace vert, de récréation et de détente pour la population locale.
- ▶ Ils « croquent » l'ambiance de la palmeraie et des cultures étagées qui nourrissent la population, en même temps qu'elles lui fournissent un réservoir d'images et de références constantes.

- ▶ Le professeur enchaîne en expliquant la pertinence écologique des systèmes hydrauliques en région aride.
- ▶ Il décrit un ou plusieurs systèmes précisément:
 - Les galeries souterraines que sont les *foggaras* captent l'eau en profondeur et la remontent en surface grâce à leur disposition dans le sol selon une légère inclinaison d'un ou deux millimètres par mètre, l'oasis étant située en contrebas.
 - Ces tunnels de drainage, presque horizontaux, collectent la quantité d'eau contenue dans le sol poreux et l'acheminent ainsi, par gravité, jusqu'à l'oasis tout au long de l'année.

- ▶ À ce stade, l'enseignant argumente un enchaînement de points:
 - Les réserves d'eau souterraines sont garanties par le système, car on privilégie une gestion parcimonieuse et pérenne de celles-ci, au contraire de certaines méthodes de pompage électrique qui assèchent les nappes phréatiques de manière souvent irréversible.
 - Le transfert passif ne reposant que sur la force de gravité permet d'éviter le raclement du sol et l'usure des galeries (donc l'érosion souterraine).
 - L'eau est captée dans le sous-sol, puis elle s'écoule sous terre, ce qui évite les pertes par évaporation.
 - L'arrosage par aspersion et en grande quantité n'étant pas adapté au contexte des régions arides, du fait du degré élevé d'évaporation, de la salinisation et de la pression exercée sur les réserves, l'écoulement souterrain et l'irrigation par submersion en quantité définie, propres aux *foggaras*, semblent plus adéquats.
 - Enfin, une fois l'eau parvenue à l'oasis, son utilisation est réglementée par les maîtres de l'eau; l'eau est répartie en volume et stockée dans des bassins, ce qui induit que le système est pensé dans sa durabilité d'un bout à l'autre.

- ▶ Les élèves vérifient l'argumentaire du professeur à travers une observation détaillée des systèmes en place.
- ▶ Ils observent de près, et décomposent en séquences, le processus de l'hydraulique qui les intéresse: L'extraction mécanique de la noria repose sur le principe du chapelet hydraulique, une chaîne supportant une série de plateaux ou de godets qui entraîne et remonte l'eau; ce système permet, là aussi, de mesurer et de réguler les quantités d'eau utilisées en fonction des ressources.

- ▶ De retour en classe et inspirés par leurs découvertes et leur croquis, les élèves composent le dernier panneau de la fresque.
 - Ils représentent le parcours de l'eau dans la *foggara*, depuis le premier puits sur les hauteurs jusqu'aux parcelles irriguées à travers l'oasis.



71



72

71. Séguia de l'oasis de *Taghoucht*, *Tinjdad*, *Errachidia*, Maroc, 2006
© Alexander Otte

72. Bassin répartiteur de l'oasis de *Taghoucht*, *Tinjdad*, *Errachidia*, Maroc, 2006
© Alexander Otte

73. Professeur Sayyed Ahang Kowsar encadrant un groupe de jeunes enfants à la découverte de leur environnement, Iran
© RSCN, Jordanie

74. Champs irrigués avec canaux secondaires et tertiaires d'irrigation, oasis de *Taghoucht*, Maroc, 2006
© Alexander Otte

75. Champs irrigués, oasis de *Taghoucht*, Maroc, 2006
© Alexander Otte

74

73



75



- Ils rendent d'abord l'ampleur du système hydraulique sur la fresque:

Le cheminement de l'eau dans l'espace, le long des canalisations souterraines, le nombre imposant de puits verticaux qui permettent d'aérer, d'humidifier et d'entretenir le système.

- Ils s'attachent à rendre ensuite la plasticité du système d'irrigation de l'oasis:

– La forme intéressante du bassin collecteur ou *quasri* (en Algérie), dès la sortie de terre, en tête de galerie;

– Les contours évocateurs des peignes partiteurs ou *kesria* qui répartissent le volume d'eau entre les utilisateurs;

– Les ramifications démultipliées du réseau des canaux ou séguias qui acheminent l'eau vers les *majen* (sorte de bassin de stockage) avant son utilisation.

– L'eau circonscrite dans les *majen*, puis ensuite déversée sur les parcelles: deux états successifs qui peuvent illustrer « le temps » de l'eau et l'organisation du système en « tours d'eau ».

– La couleur et les matériaux utilisés dans la conception même du système, depuis ses origines (pierres et mélange de paille et d'argile pour les *foggaras*) qui font que l'hydraulique se fonde harmonieusement dans le paysage, ne le « pollue » pas visuellement, tout en s'y inscrivant très fortement.

6. Intégrer sur la fresque la représentation de techniques hydrauliques plus récentes mais néanmoins durables

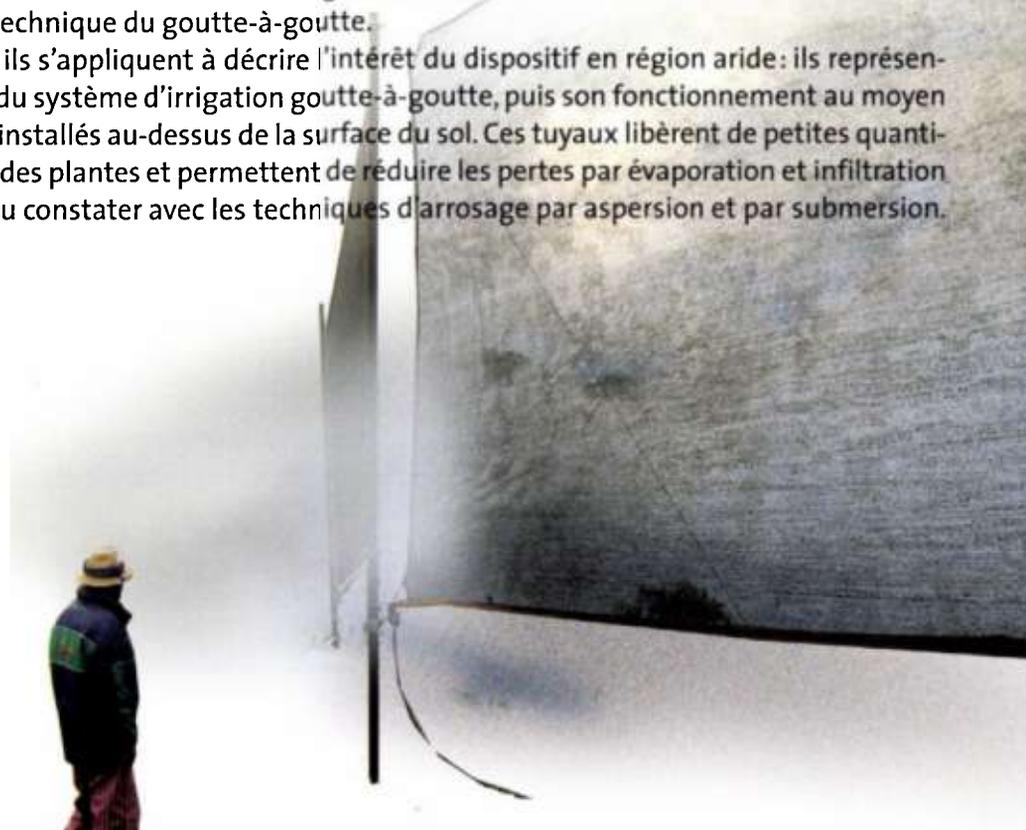
► Pour terminer l'activité, la classe réintègre sur les différents panneaux, les dessins de certaines techniques de captage des eaux et d'irrigation qui, plus récemment, se sont révélées particulièrement adaptées au contexte des régions arides.

► Sur le premier panneau, les élèves dessinent un condensateur atmosphérique servant à capter l'humidité de l'air par concentration et condensation comme le capteur de brouillard en Amérique latine (Chili, Guatemala).

► Ils représentent le filet de polypropylène tendu entre deux poteaux et le processus de captage quand les nappes de brume tenace traversent le filet, disposé à angle droit par rapport aux vent-dominants: des gouttelettes d'eau se déposent sur les mailles du filet puis s'écoulent le long de gouttières jusque dans un réservoir.

► Enfin, sur l'un des panneaux montrant les techniques d'irrigation à partir de traditionnelles jarres citernes situées à proximité des cultures ou grâce à la remontée de réserves souterraines, les élèves illustrent la technique du goutte-à-goutte.

► Par leurs dessins, ils s'appliquent à décrire l'intérêt du dispositif en région aride: ils représentent l'alimentation du système d'irrigation goutte-à-goutte, puis son fonctionnement au moyen de tuyaux perforés, installés au-dessus de la surface du sol. Ces tuyaux libèrent de petites quantités d'eau à la racine des plantes et permettent de réduire les pertes par évaporation et infiltration que les élèves ont pu constater avec les techniques d'arrosage par aspersion et par submersion.



Glossaire

Les termes soulignés dans les définitions du glossaire renvoient eux-mêmes à une définition dans le glossaire.

A

Abiotique : Non vivant, en parlant d'un élément d'un écosystème. Il peut s'agir d'un élément comme l'eau, sa qualité, quantité et répartition dans l'écosystème, d'un élément comme le sol, sa structure, sa teneur en humus. En écologie, on parle de « facteurs abiotiques » qui représentent les facteurs physico-chimiques d'un écosystème.

Agent pollinisateur : Les différents facteurs (force, organismes) qui opèrent le transport des grains de pollen depuis les organes mâles jusqu'aux organes femelles des plantes à fleurs, rendant ainsi possible la fécondation et la reproduction de ces plantes. Il peut s'agir du vent, de l'eau, des insectes, des oiseaux, de certains mammifères.

Agroforesterie : Mode de production combinant la culture d'arbres et d'arbustes et la culture d'espèces herbacées. L'agroforesterie est préconisée pour augmenter la biodiversité des écosystèmes agricoles et améliorer la productivité tout en réduisant la dégradation des terres.

Aller l'amble : Un animal qui va l'amble ou qui va à l'amble est un animal qui, lorsqu'il marche, avance en levant les deux pattes du même côté, à l'instar des girafes, de l'ours, du dromadaire ou du chameau.

Allochtone : Du grec *allos* « étranger » et *chthonos* « terre », littéralement : terre d'ailleurs. Allochtone est le contraire d'autochtone, littéralement : terre d'ici. On parle de terrains ou de fleuves allochtones au sens où ils ont été charriés ou déviés et proviennent d'ailleurs, d'une région étrangère.

Angiosperme : Du grec *aggeion* « vase ou capsule » et *sperma* « graine ».

Angiosperme signifie : graine dans un récipient, par opposition à gymnosperme : graine nue.

Les angiospermes sont les plantes à fleurs, et donc les végétaux qui portent des fruits enfermant les graines. Ils représentent 80 % des espèces végétales, on en dénombre actuellement plus de 200 000 espèces. Les gymnospermes les ont précédés dans l'évolution.

Anthropique : Du grec *anthropos* « homme ».

En écologie, le terme qualifie tout élément ou facteur provoqué directement ou indirectement par l'action de l'homme et ayant un impact sur l'environnement : érosion des sols, pollution par les pesticides, relief créé par des digues...

Aquifère : Un aquifère est une couche de terrain ou une roche, suffisamment poreuse (qui peut stocker de l'eau) et perméable (où l'eau circule librement), pour contenir une nappe d'eau souterraine. On parle de nappe aquifère ou de nappe phréatique pour désigner ce réservoir naturel d'eau douce, susceptible d'être exploité, et d'alimenter les ouvrages de production d'eau potable que sont les puits ou les systèmes de captage que sont les foggaras en région aride.

Aréisme : On parle d'aréisme en hydrologie, pour une zone dans laquelle il n'existe aucun réseau hydrographique organisé.

B

Bactéries aérobies : Êtres vivants, en l'occurrence micro-organismes, exigeant la présence d'oxygène afin de produire l'énergie qui est nécessaire à leur métabolisme.

Bât : Dispositif que l'on place sur le dos de certains animaux pour le transport de leur charge. Par extension, les « animaux de bât » sont des animaux employés pour porter de lourdes charges comme le dromadaire ou le chameau.

Biocénose : Du grec *bios* « vie » et *koinos* « communauté ».

Communauté des êtres vivants (animaux, végétaux et micro-organismes) coexistant dans un espace défini (le biotope).

Biodiversité : Variabilité des organismes vivants de toute origine : plantes, animaux et micro-organismes présents sur la terre, leur variabilité à l'intérieur d'une même espèce ainsi que la variabilité des complexes écologiques dont ils font partie. Ainsi, la biodiversité comprend la diversité des espèces, la diversité génétique et la diversité des écosystèmes.

Biotope : Du grec *bios* « vie » et *topos* « lieu ».

Espace naturel déterminé, caractérisé par des conditions géologiques, pédologiques et climatiques particulières, de taille variable, souvent de surface réduite, au sein duquel se développent des espèces animales et végétales adaptées à ces conditions. Exemples : mare, prairie humide, bois de pins.

Bois de feu : Bois utilisé par la population comme la principale source d'énergie domestique, pour la cuisson des aliments, l'éclairage. Voir déforestation.

Bouturage : Méthode de multiplication végétative d'une plante consistant à détacher une branche de la plante (ligneuse ou herbacée) ou une feuille (pour certaines espèces seulement comme les cactées *Opuntia ficus-indica*) et à l'enterrer pour qu'elle produise des racines et un nouvel individu (clône parfait de la plante mère). La reproduction se fait à partir de cet organe ou de ce fragment d'organe isolé.

Brise-vent : Barrage construit souvent à l'aide de branches ou de palmes pour lutter contre l'action du vent et retenir les dunes de sable ou protéger les cultures.

Bush : Terme anglo-saxon utilisé en Australie, Nouvelle-Zélande et Afrique du Sud pour désigner des zones de savane et de forêts ou de bois et de broussailles de type méditerranéen, peu habitées (même si les Aborigènes vivent dans le

bush australien). Le bush est caractérisé par une végétation clairsemée et par une faible densité animale.

C

Calice : Ensemble des sépales d'une fleur formant l'enveloppe florale externe. Le calice protège la fleur lorsqu'elle est en bouton.

Cambium : Tissu constitué d'une fine couche de cellules qui se trouve dans les tiges et les racines des plantes. Il est situé entre le bois et l'écorce des arbres et permet un développement des cellules vers l'intérieur et vers l'extérieur (tissus internes et externes de l'arbre).

Camouflage : Chez les animaux, moyen ou dispositif instinctif tendant à se rendre moins visible ou à donner une apparence trompeuse à un autre être vivant. En biologie, le camouflage se nomme mimétisme.

Capitule : Type d'inflorescence composée d'un ensemble de petites fleurs sessiles (sans attache, sans pétiole et sans pédoncule), groupées sur un plateau comme pour les astéracées.

Chaîne alimentaire : Une chaîne alimentaire désigne une suite d'êtres vivants dans laquelle chacun mange celui qui le précède.

Comme dans un écosystème, les liens qui unissent les espèces sont souvent d'ordre alimentaire, on peut représenter ces relations par des séquences où chaque individu mange le précédent et est mangé par celui qui le suit. Chaque maillon de la chaîne est un niveau trophique. Voir réseau trophique.

Champignonnière : Endroit généralement souterrain où l'on cultive les champignons sur couche. Certaines espèces de fourmis cultivent, dans leurs fourmières, des champignons dont elles se nourrissent. Elles coupent et mâchent des morceaux de feuilles afin de fabriquer du compost et fertiliser leurs champignonnières. Ces champignonnières naturelles fertilisent à leur tour l'écosystème.

Chlorophylle : La chlorophylle est le principal pigment assimilateur des végétaux. Il intervient dans la photosynthèse pour intercepter l'énergie lumineuse, première étape dans la conversion de cette énergie en énergie chimique indispensable à la fabrication de matière carbonée organique lors du processus de la photosynthèse.

Cladode : Du grec *kladôdês* « rameau ». Un cladode est un rameau aplati, simulant des feuilles. Le figuier de Barbarie est doté de cladodes, couramment appelés « raquettes ».

Classe : En biologie, la classe est le troisième niveau de la classification classique des espèces vivantes.

L'ordre des carnivores (*Carnivora*) qui compte 8 familles d'espèces (dont les félins), appartient à la classe des mammifères (*Mammalia*).

Cochenille : Petit insecte (*Dactylopius coccus*) de forme aplatie qui vit sur de nombreuses espèces végétales, comme le figuier de Barbarie (*Opuntia ficus-indica*), dont il suce la sève. Les cochenilles produisent naturellement un colorant carmin. On les récolte et on les sèche pour extraire le pigment. Voir tinctorial.

Commensalisme : Du latin *cum* « avec » et *mensa* « table », compagnon de table. Le commensalisme est une relation entre deux êtres vivants dans laquelle l'hôte fournit une partie de sa nourriture au « commensal » sans obtenir de contrepartie de la part de ce dernier. La relation est à bénéfice non-réciproque, mais l'hôte peut continuer à vivre et à évoluer en présence de l'autre organisme. Certains coléoptères cohabitent ainsi avec les fourmis.

Composée : Feuille composée de plusieurs limbes appelés folioles. Exemple : l'acacia.

Compost : Engrais naturel à base de déchets organiques d'origine végétale, utilisé pour fertiliser les cultures.

Conditions : On divise les facteurs abiotiques d'un écosystème en deux catégories : les ressources et les conditions.

Les conditions, dans le domaine abiotique, se réfèrent à la température, au climat, aux conséquences du réchauffement climatique, au concept de « perturbation » lié aux incendies, aux grandes tempêtes, aux avalanches, aux éruptions volcaniques, aux coulées de boue.

Conservation : Protection des écosystèmes, des espèces et des ressources naturelles contre la dégradation ou la destruction de façon à en faire bénéficier les générations à venir. La conservation des écosystèmes, des espèces et des ressources naturelles peut induire la gestion planifiée de l'utilisation de ceux-ci par l'homme.

Consommateur : Au sein du réseau trophique, les consommateurs appartiennent à plusieurs niveaux trophiques. Les consommateurs primaires ou animaux herbivores se nourrissent des producteurs ; les consommateurs secondaires ou carnivores primaires et parasites se nourrissent des animaux herbivores ; les consommateurs tertiaires se nourrissent des carnivores primaires. Voir réseau trophique.

Convention des Nations Unies sur la lutte contre la désertification (UNCCD) : Accord international adopté en 1994 à Paris. À ce jour (2007), 191 pays ont ratifié la Convention. Elle a pour objectif de lutter contre la désertification et d'atténuer les effets de la sécheresse dans les pays gravement affectés par la sécheresse et/ou la désertification. Les actions de la Convention visent à améliorer la productivité des terres, à restaurer (ou conserver) les sols, à définir la meilleure utilisation de l'eau et à instaurer un développement durable dans les régions affectées.

Convention sur la diversité biologique (CDB) : La Convention sur la diversité biologique est une des deux conventions signées au Sommet de la Terre, à Rio de Janeiro (Brésil) en 1992 ; l'autre convention étant la Convention sur les changements climatiques. À ce jour, 168 pays ont ratifié la Convention qui constitue un engagement historique : c'est le premier traité conclu au niveau mondial qui aborde tous les

aspects de la diversité biologique, c'est-à-dire non seulement la protection des espèces mais également celle des écosystèmes et du patrimoine génétique, ainsi que l'utilisation durable des ressources naturelles. Enfin, la Convention est aussi la première à reconnaître que la conservation de la diversité biologique est « une préoccupation commune à l'humanité » et fait partie intégrante d'un développement socio-économique durable.

Convergence d'évolution : Lorsque des espèces animales ou végétales éloignées ou non géographiquement et sans ancêtre commun (donc appartenant à des familles différentes), évoluent de manière similaire à cause de pressions environnementales semblables, on parle de convergence d'évolution ou de convergence évolutive. Thons, requins et dauphins qui vivent éventuellement à proximité les uns des autres présentent la même convergence hydrodynamique.

Corolle : Ensemble des pétales d'une fleur formant l'enveloppe florale interne. Quand la corolle est déployée, on parle d'une fleur épanouie.

Courbe de niveau : La courbe de niveau représente la ligne joignant tous les points d'une même altitude et que l'on peut imaginer dans un paysage. L'ensemble des courbes de niveau placées sur une carte permet de représenter le relief. Plus les courbes de niveau sont rapprochées, plus la pente est raide. En zones sèches, la construction des terrasses se fait à partir des courbes de niveau au long desquelles s'érigent les murets de pierres servant de soutènement aux parcelles.

Couverture végétale : Ensemble de la végétation recouvrant le sol.

Croissance de la population d'une espèce : Augmentation du nombre des individus appartenant à une même espèce en fonction du temps. L'évaluation se fait souvent sur un même biotope.

Cultivar : Un cultivar est une variété de plante obtenue en culture, généralement par sélection, à l'aide de techniques horticoles et qui n'est pas repré-

sentée dans les peuplements d'espèces sauvages.

Cultures intercalaires : On parle de cultures intercalaires pour désigner l'alternance de différentes cultures au sein d'un même espace. Ce système consiste à associer simultanément des cultures annuelles et des cultures pérennes sur le même terrain en veillant à ce qu'elles soient mutuellement bénéfiques et non pas concurrentes. On peut ainsi obtenir un rendement global plus élevé.

Cuticule : La cuticule est une fine couche de cutine, souvent cireuse, comme un vernis étanche, qui recouvre les feuilles des végétaux ou les tiges des cactées en région aride. La cutine est une substance de nature lipidique destinée à prévenir les pertes d'eau que l'on trouve donc sur la face externe des cellules aériennes de l'épiderme des végétaux.

Cyme : Inflorescence simple dans laquelle l'axe principal se termine par une fleur et les rameaux secondaires sont plus longs que le rameau primaire.

D

Décennie pour l'éducation en vue du développement durable : En décembre 2002, l'Assemblée générale des Nations Unies a adopté une résolution proclamant une Décennie pour l'éducation en vue du développement durable (DEDD) de 2005 à 2014. L'UNESCO a été chargée de diriger cette Décennie et d'élaborer le contenu conceptuel de l'Éducation en vue du développement durable (EDD).

Concrètement, il s'agit de repenser et de modifier l'éducation afin de mieux intégrer le concept de durabilité associant de façon solidaire des objectifs économiques, sociaux et environnementaux ainsi que ceux du respect de la diversité culturelle et de la lutte contre la pauvreté. Voir développement durable.

Décomposeur : Terme qui désigne le groupe d'organismes vivants regroupant les champignons et les micro-organismes des sols et des biotopes aqua-

tiques qui réduisent la matière organique morte à l'état de composés minéraux.

Défoliateur : La défoliation désigne le phénomène de perte des feuilles pour les arbres, arbustes, sous-arbrisseaux et plantes herbacées. En dehors de la défoliation naturelle, ce phénomène est dû à des champignons, des virus ou des bactéries mais est le plus souvent causé par des insectes défoliateurs qui apparaissent de manière cyclique, comme le criquet pèlerin. La pullulation de ces insectes affectent plus facilement les écosystèmes fragiles et pauvres en diversité d'espèces (et de prédateurs) comme les écosystèmes des régions sèches.

Déforestation : Ensemble des processus par lesquels l'homme transforme et fait disparaître les écosystèmes forestiers : surexploitation du bois, incendies de forêts, mise en culture de zones boisées.

Détritivore : Organisme vivant, essentiellement invertébré, qui se nourrit de matière organique morte d'origine animale et végétale (excréments, mues, cadavres, débris végétaux). Les fourmis, les iules, les nécrophages sont des détritivores. Ils fragmentent la matière organique en la digérant ou l'excrétant ; elle est alors facilement accessible par la microflore bactérienne et fongique des sols. Voir décomposeur.

Développement durable : En 1987, le développement durable a été défini par la Commission mondiale de l'environnement et du développement comme « le développement qui répond aux besoins économiques actuels sans compromettre la capacité de la planète à satisfaire les besoins des générations futures ». La définition s'est affinée dans le temps et on peut parler d'une forme de développement qui respecte l'environnement et fait un usage prudent – fondé sur une exploitation rationnelle et modérée – de la nature et de ses ressources, ce qui assure un maintien indéfini de la productivité biologique de la biosphère. L'*Agenda 21*, plan d'action mondial adopté par 173 pays lors du Sommet de la Terre à Rio de Janeiro en 1992, a défini un

ensemble cohérent de principes pour aider les gouvernements et les autorités à mettre en œuvre des politiques orientées vers le développement durable. Aujourd'hui, l'*Agenda 21* reste la référence pour la mise en œuvre du développement durable au niveau des territoires.

Dioïque : Du grec *dis* « deux fois » et *oikos* « maison ».

Le terme qualifie une espèce végétale dont les sexes sont sur des individus séparés ; la plante a des fleurs mâles (à étamines) sur un pied et des fleurs femelles (à pistil) sur un autre pied. La fructification n'a lieu que si les individus sont suffisamment proches. Le palmier-dattier est une espèce dioïque.

Dissémination des graines : Grâce à la dissémination des graines, les plantes se dispersent dans leur environnement. Les agents disperseurs peuvent être le vent, l'eau, les animaux (oiseaux, insectes...). Ce phénomène est très utile sur le plan écologique car il permet aux graines d'atteindre les habitats propices au développement des futures pousses. Plus largement, il permet de diminuer la compétition entre les individus en les disséminant sur un plus large territoire ; il permet d'échanger des individus entre populations et de favoriser le brassage génétique ; il permet enfin de créer de nouvelles populations.

Distillation : La distillation est un procédé de déminéralisation de l'eau, généralement considéré comme le procédé le plus économique pour dessaler de l'eau de mer à l'échelle industrielle. Le principe de base de la distillation est simple : les sels dissous ne se transformant pas en vapeur dans les mêmes conditions que l'eau, la vapeur obtenue par chauffage d'eau salée est constituée d'eau pure. En région aride, la distillation solaire est utilisée pour dessaler et purifier les eaux souvent salines : selon le principe d'exposition au soleil, d'évaporation et de condensation, l'eau est séparée du sel et est épurée du point de vue chimique et bactériologique.

E

Écosystème : Ensemble interactif formé d'une communauté d'organismes vivants et de l'environnement physique, chimique et géographique dans lequel ils évoluent.

Ainsi l'air, la terre, l'eau et les organismes vivants, y compris les êtres humains, interagissent pour former des écosystèmes.

Émondage : En sylviculture, opération consistant à couper les branches latérales d'un arbre, et parfois le tronc, pour faire naître des rejets dont on utilise le bois.

Endémique : Une espèce est dite « endémique » lorsqu'elle se développe dans une région géographique spécifique du globe : elle appartient à un territoire plus ou moins étendu, et son aire de répartition géographique est limitée à un lieu donné. On ne la trouve pas ailleurs.

Enduit désertique (ou vernis éolien) : Patine brun foncé ou orange qui colore la surface du sable ou des roches dans les déserts. La présence d'oxydes de métaux (fer, manganèse) associée à l'action du vent et aux radiations solaires donnent aux particules minérales et aux roches cette coloration.

Éphémérophyte : Plante des régions désertiques qui s'est adaptée à la sécheresse en réduisant son cycle de vie. De la germination à la fructification, le cycle de vie ne dure que 8 à 15 jours, voire même 1 à 3 jours pour les plus brefs. Une averse de 4 mm permet le développement de la plante.

Épi : Type d'inflorescence où les fleurs ou épillets (graminées) sont rattachées sans pédoncule sur un axe central.

Épuration : L'épuration ou assainissement des eaux est l'activité qui consiste à épurer les eaux usées issues des usages domestiques, de l'activité agricole ou industrielle, avant leur rejet dans la nature. Ce processus est de plus en plus nécessaire, afin d'éviter la pollution de l'environnement et la dégradation des terres. Voir lagunage.

Erg : Un erg est un désert de sable, plus précisément un champ de dunes fixes dont seul le sable superficiel est remodélé sans cesse par le vent. Les ergs occupent environ 20 % de la surface totale du Sahara. La plupart se forment dans des cuvettes par accumulation des débris transportés par les oueds. D'autres résultent du sable arraché par le vent aux hamadas et aux regs qui s'accumule dans les dépressions et s'entasse pour former des dunes. Si le terme « erg » est le terme retenu dans le langage géographique international, les Touaregs emploient le mot « edeyen » tandis qu'en Arabie et en Asie centrale on parle de « nedouf » et de « koum ».

Érosion : Usure et transformation que les eaux (pluie, fleuve, mer), la glace et les agents atmosphériques (vent, chaleur, précipitations) font subir à la surface terrestre.

On parle ainsi d'érosion hydrique (eau), d'érosion éolienne (vent) et d'érosion thermique (chaleur). Ce phénomène est souvent amplifié par l'homme (déboisement, agriculture, construction de routes) et a pour effet de transformer le relief et d'emporter les sols.

Érosion éolienne : Usure et transformation de la surface terrestre sous l'action du vent (il s'agit d'une érosion de surface). Elle comprend :

La déflation qui désigne l'enlèvement et le transport des matériaux fins des sols (grains de sable fins et moyens, poussière) ;

La corrasion qui désigne l'action mécanique et décapante des vents chargés de particules (grains de sable, de quartz, particules de glace dans les régions polaires) sur les reliefs et les sols.

Érosion fluviale : L'érosion fluviale est le processus de dégradation et de transformation du relief causé par les cours d'eau. Elle se produit à plus ou moins long terme ; on peut par exemple distinguer l'érosion des berges, soumises au courant, à l'extérieur des méandres et l'érosion hydrique en ravin ou en gorge qui résulte de longues périodes d'érosion fluviale dans des zones de roches sédimentaires comme avec les canyons dans les terrains calcaires des régions arides.

Espèce : Ensemble de populations interfécondes (interfertiles), isolé du point de vue reproductif d'autres ensembles équivalents et pouvant être défini par une combinaison unique de caractéristiques.

Espèce autochtone : Une espèce que l'on trouve naturellement dans un endroit géographique donné.

Espèce envahissante : Une espèce envahissante est une espèce généralement introduite par les êtres humains et qui a réussi à migrer dans une région où elle s'est tellement reproduite et propagée qu'elle fait concurrence aux espèces autochtones. Elle peut être très difficile à contrôler et destructrice pour l'écosystème si celui-ci n'est pas pourvu de prédateurs ou d'agents pathogènes issus de son aire de répartition d'origine et susceptibles de la contenir.

Estivation : L'estivation qualifie chez les animaux un état de vie ralentie, symétrique de l'hibernation, au cours duquel ils tombent en léthargie. L'estivation se produit aux moments les plus chauds de la saison sèche et beaucoup d'animaux régulent d'eux-mêmes cet état en fonction de la chaleur.

Étamines : Organes sexuels mâle d'une fleur dont les parties terminales renflées (anthères) contiennent le pollen (sacs à pollen).

Euphorbe : Plante herbacée d'origine africaine, répandue dans les milieux tropicaux, parfois arborescente, dont l'aspect général peut ressembler aux cactus d'Amérique latine. Les euphorbes ont en fait développé des stratégies d'adaptation à la sécheresse similaires aux cactées. Voir plante succulente.

Évaporation : L'évaporation est le passage progressif de l'état liquide à l'état gazeux. Dans le contexte du cycle de l'eau, il s'agit du phénomène par lequel de l'eau liquide s'échappe dans l'atmosphère sous forme de vapeur d'eau sans avoir été absorbée par des êtres vivants.

Évapotranspiration : L'évapotranspiration désigne l'accumulation et, plus précisément, la quantité d'eau totale transférée du sol vers l'atmosphère par

l'évaporation au niveau du sol et par la transpiration des plantes.

Exsudat : Le terme qualifie chez l'homme et l'animal un épanchement de liquide organique qui suinte d'une région enflammée. En botanique, il s'agit du liquide suintant d'un végétal, issu des fentes de sécheresse et des blessures (résine, latex, exsudat racinaire), qui peut être valorisé par l'homme (fonctions médicales, usage commercial).

Extinction : Disparition totale d'une espèce sur la Terre entière.

F

Famille : En biologie, la famille regroupe les genres (ou groupes d'espèces similaires) qui présentent le plus de similitudes entre eux. Elle constitue le cinquième niveau de la classification classique des espèces vivantes dans l'ordre suivant : règne, embranchement, classe, ordre, famille, genre, espèce. par exemple, le genre *Canis* qui englobe 8 espèces dont le chacal commun, appartient à la famille des Canidés qui réunit 35 espèces.

Fasciculé : Du latin *fasciculus* « petit paquet ».

Le terme qualifie une forme de racines réunies en faisceaux comme les racines fasciculées du blé.

Fécondation : Pour qu'il y ait production de graine, en botanique, la pollinisation doit être suivie de la fécondation des ovules. Lors de la pollinisation, le pollen est transporté de l'anthère (partie renflée de l'étamine qui contient le pollen) sur le stigmate d'une même fleur ou d'une fleur de la même espèce. Une fois sur le stigmate, le grain de pollen émet un tube pollinique qui descend dans l'ovaire pour atteindre un ovule. Ce tube pollinique achemine les gamètes mâles jusqu'à l'ovule afin de le féconder.

Foggara : Les foggaras, terme algérien, sont des galeries souterraines de grande longueur permettant l'adduction d'eau dans certaines oasis, depuis les plateaux ou les massifs rocheux. Les galeries re-

coupent une nappe phréatique dont elles drainent l'eau en profondeur pour la transporter jusqu'à la surface vers les terrains à irriguer, cela grâce à une légère inclinaison, l'ensemble du système reposant sur la force de gravité. Des puits verticaux dans les foggaras permettent l'aération et le nettoyage. Elles sont originaires d'Iran où elles s'appellent « quanat » et sont aussi utilisées au Maroc où elles portent le nom de « khet-taras ».

Foliole : Élément d'une feuille composée.

Frugivore : Parmi les phytophages qui désignent les organismes se nourrissant de végétaux, on distingue plusieurs groupes suivant la partie végétale consommée. Ainsi les frugivores ou carpophages sont les organismes qui se nourrissent des fruits ou des fructifications des végétaux. C'est le cas de certains singes.

G

Gabions : De l'italien *gabbione* « grosse cage ».

Le terme désigne une sorte de casier fait de solides fils de fer tressés et contenant des pierres, utilisé entre autres, pour construire les murs de soutènement. Les gabions sont très utilisés en Afrique et en Amérique latine aujourd'hui pour contrer les effets de l'érosion. Ils sont disposés en épi ou parallèlement aux rives pour lutter contre l'érosion fluviale ou torrentielle. Ils servent également à stabiliser des pentes éboulées et à réduire l'impact des eaux de ruissellement.

Géophyte : Une plante géophyte est un type de plante vivace possédant des organes lui permettant de passer la saison inadéquate à son développement (comme la saison sèche en région aride), enfouie dans le sol. L'organe en question peut être un bulbe (oignon, lys), un rhizome (topinambour), un ou plusieurs tubercules (pomme de terre).

Germination : Processus de développement d'une graine depuis la mise en contact avec l'eau jusqu'au stade de la plantule (jeune plante ne comportant que quelques feuilles). Elle ne se produit que si les conditions extérieures sont favorables (humidité, température, oxygène) et les facteurs internes réunis (viabilité, dormance, maturité, effet de la lumière).

Grappe : Type d'inflorescence formée d'un axe portant à différents niveaux des fleurs pédonculées.

GTOS TEMS : Système global d'observation des écosystèmes terrestres.

GTOS TEMS est un programme d'observation, de modélisation et d'analyse des écosystèmes terrestres en vue de favoriser le développement durable, financé par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO).

Guelta : Plan d'eau le plus souvent permanent, spécifique aux régions montagneuses du Sahara, sans écoulement visible. Le plus souvent enfoncée dans la roche, la guelta forme une citerne naturelle, alimentée par une résurgence (de l'eau qui fuse de la roche) ou par les crues en saison des pluies.

Gymnosperme : Du grec *gymnos* « nu » et *sperma* « graine ».

Les gymnospermes sont les plantes dont l'ovule est nu (non enclos dans un ovaire à la différence des angiospermes). La plante porte ses graines dans un fruit ouvert comme les cônes. Tous les conifères sont des gymnospermes. On dénombre environ 700 espèces de gymnospermes.

H

Habitat : Lieu dans lequel une espèce végétale ou animale particulière peut vivre. Ce lieu lui fournit de quoi subvenir à ses besoins.

Halophile : Une plante halophile ou halophyte est une plante adaptée à un sol salé ou qui, de façon générale, tolère le sel.

Hamada : Une hamada est un désert rocheux tabulaire souvent limité par des falaises. Les hamadas occupent surtout les surfaces des grands plateaux. Elles sont d'origine sédimentaire, le plus souvent calcaires. Lorsqu'elles sont formées de grés, on les nomme tassilis comme le *Tassili N'Ajjer* en Algérie. Les champs de blocs et les gros rochers laissent peu de place à la maigre végétation et en général, la surface montre de la roche nue, lissée par l'érosion.

Holistique : Du grec *holos* « entier ».

Ce qui est holistique appartient à un système de pensée selon lequel les caractéristiques d'un être ou d'un élément ne peuvent être connues que lorsqu'on le considère et l'appréhende dans sa totalité, dans son contexte, dans son ensemble et non pas quand on en étudie chaque partie séparément. En écologie, on peut adopter ce point de vue lorsqu'on cherche à comprendre les interactions entre la biologie des êtres vivants et les conditions du milieu, où lorsqu'on considère l'être humain comme faisant intégralement partie de l'écosystème.

Huaycos : Les huaycos désignent, en Amérique latine, des coulées destructives faisant suite à des pluies violentes, constituées d'eau mélangée à de la boue et des pierres. Ces coulées descendent rapidement le flanc des montagnes et empruntent le passage des sillons laissés par le ravinement.

Humus : Mélange complexe de matières organiques provenant de la décomposition des débris végétaux (feuilles mortes) et animaux par les micro-organismes (invertébrés, bactéries, champignons) du sol. L'humus est une matière terreuse de couleur sombre présente dans la couche superficielle du sol et qui participe à sa fertilité en libérant de l'azote et d'autres éléments nutritifs indispensables à la croissance des végétaux. Voir litière.

I

ICARDA : Centre International de Recherche Agronomique sur les Régions Arides. Fondé en 1977, ICARDA est l'un

des 15 centres stratégiquement disséminés par le CGIAR (Consultative Group on International Agricultural Research) dans le monde entier et financés par celui-ci. La principale station de recherche et le siège social d'ICARDA sont situés à Alep en Syrie. La mission du centre consiste à améliorer le bien-être des populations et à réduire la pauvreté dans les zones arides des pays en développement grâce à la recherche et à la formation, notamment en augmentant la production, le rendement et la qualité nutritionnelle des aliments tout en préservant et en mettant en valeur les ressources naturelles.

Indice de réfraction : L'indice de réfraction provient du changement de direction de la lumière lorsqu'elle passe d'un milieu à un autre comme par exemple de l'air ambiant à l'eau ou au verre. La valeur de l'indice dépend de la longueur d'onde du rayon lumineux or cet indice varie car la lumière blanche visible est constituée de plusieurs « couleurs » dont les longueurs d'onde varient puisque l'angle de réfraction n'est pas le même pour chaque couleur.

Inféodé : On parle d'une espèce inféodée à un milieu dans le sens où cette espèce est soumise aux conditions physico-chimiques particulières de ce milieu et à un ensemble d'autres espèces vivantes avec lesquelles elle est en relation. Elle peut être inféodée très étroitement à un milieu donné quand celui-ci est très limité dans l'espace et dans le temps et présente des conditions bien spécifiques.

Inféro-flux : Écoulement qui se produit sous une rivière, dans la masse de ses alluvions perméables.

Infiltration : En hydrologie, l'infiltration désigne la pénétration des eaux de surface dans le sous-sol à travers les fissures naturelles des sols et des roches. Le phénomène est facilité par la présence des végétaux et l'écoulement qui se produit à la base de ceux-ci. Par l'infiltration et la percolation dans le sol, l'eau de surface alimente les nappes phréatiques. Voir ruissellement.

Inflorescence : L'inflorescence est la disposition des fleurs sur la tige d'une

plante à fleurs (angiosperme). On distingue plusieurs sortes d'inflorescence selon la manière dont les fleurs sont disposées : en capitules, en grappes, en épis...

IUCN : L'Union mondiale pour la nature (UICN) est la principale organisation non gouvernementale mondiale dédiée à la conservation de la nature. Elle réunit 83 États, 110 agences gouvernementales, plus de 800 ONG et environ 10000 experts scientifiques dans un réseau unique de partenaires. La mission de l'IUCN est d'influencer, d'encourager et d'assister les sociétés du monde entier dans la conservation de l'intégrité et la diversité de la nature. Elle s'assure aussi que l'utilisation des ressources naturelles est faite de façon équitable et durable.

Iule : L'iule est le nom commun d'un myriapode proche du mille-pattes. Les myriapodes forment une classe d'animaux articulés composés d'une tête suivie de nombreux anneaux semblables, portant chacun deux paires de pattes.

K

Kesria : Dans le système de la foggara, la kesria est un peigne partiteur (construit dans le même matériau, souvent en argile et paille mélangées), qui permet de répartir l'eau entre les différentes parcelles (et leurs utilisateurs) dans l'oasis.

Khettara : Nom utilisé au Maroc pour désigner le même système hydraulique que l'on trouve en Algérie avec les foggaras.

L

Lagunage : Épuration des eaux usées ou résiduaires, pratiquée en les laissant séjourner à l'air libre dans de grands bassins de rétention. L'épuration s'y produit par le pouvoir oxydant et dépol-

lant des micro-organismes, des algues et des plantes aquatiques. Le temps de séjour des eaux doit être long.

Légumineuse : Plante appartenant à la famille des Fabacées, du latin *faba* « fève ». C'est une famille très importante de 18 000 espèces regroupant des plantes herbacées, des arbustes, des arbres ou des lianes parmi lesquels l'arachide, le genêt, le haricot, le lupin, le pois, l'acacia, le caroubier. Ces plantes ont en commun la faculté d'absorber l'azote de l'air et de le fixer dans le sol grâce à des bactéries fixatrices hébergées dans les nodosités de leurs racines.

Dans les domaines agricole et économique, le terme désigne plus spécifiquement les espèces cultivées dans un but alimentaire pour les hommes et les animaux. On distingue alors les légumineuses fourragères (trèfle, luzerne, sainfoin) des légumineuses cultivées pour leurs graines (haricot, pois).

Ligulée : Se dit des fleurons (petites fleurs) en forme de languette formant, par exemple, la collerette des fleurs des astéracées.

Limbe : Partie élargie et plate d'une feuille parcourue par les nervures. On parle également du limbe d'un pétale ou d'un sépale.

Limon : Ensemble des particules minérales et organiques que les fleuves et rivières charrient et déposent au fond de leurs lits ou sur leurs rives constituant un dépôt fin de particules granuleuses. On parle de sol limoneux.

Litière : En pédologie (science des sols), la litière désigne les résidus végétaux (pollen, feuilles, fruits, graines, rameaux, brindilles) qui tombent sur le sol lorsque les arbres ou arbustes se dépouillent (au début de la saison sèche en région aride). Ils jonchent le sol en surface dans les zones forestières ou broussailleuses. Sous l'action de la micro-faune (acariens, iules, fourmis), des champignons et des bactéries, la litière se transforme peu à peu en humus.

M

MAB : Le Programme sur l'Homme et la biosphère (MAB) propose un projet interdisciplinaire basé sur la recherche et le renforcement des capacités dans le but d'améliorer les relations entre les populations et leur environnement global. Lancé au début des années 70, ce programme a pour principale mission de réduire la perte de biodiversité par des approches écologiques, sociales et économiques. Il utilise son Réseau mondial de réserves de biosphère, constitué de 507 sites à travers le monde, comme un outil d'échange des connaissances, de recherche et de surveillance, d'éducation et de formation, favorisant la gestion participative.

Mammifère : Du latin *mamma* « mamelle ».

Les mammifères sont des animaux à « sang chaud », initialement adaptés à la vie sur la terre ferme et dont certains se sont secondairement adaptés à la vie en milieu aquatique (baleine, otarie). En dépit de leurs grandes différences de formes, de taille et de mode de vie, la plupart des animaux de cette classe sont couverts de poils et tous allaitent leurs petits. Aucun autre groupe d'animaux ne présente ces caractéristiques. Exemples divers de mammifères : les girafes, chauve-souris, singes, wallabies, fennecs, dingos...

Métaux lourds : La notion de « métaux lourds » a été récemment remplacée par la notion d'« élément-trace métallique » mais reste assez floue. Certains auteurs définissent comme métaux lourds les éléments métalliques compris entre le cuivre et le plomb dans le tableau des éléments, d'autres les assimilent à la quasi-totalité des éléments métalliques. On connaît la grande toxicité des métaux lourds comme le mercure, le plomb et le cadmium. Tous les métaux lourds sont présents naturellement à l'état de traces dans le sol, mais l'activité humaine peut avoir renforcé cette présence. L'utilisation de certains métaux lourds est donc strictement réglementée, voire interdite. Le rejet dans l'environnement en fin d'utilisation doit être évité, et ces métaux recyclés.

Migration animale : La migration caractérise un déplacement effectué par de nombreuses espèces, sur de longues distances, dans le but de se reproduire, de fuir le froid ou la sécheresse. Le déplacement est à caractère périodique et implique un retour régulier dans la région de départ.

Les migrations terrestres les plus spectaculaires sont effectuées par d'immenses troupes de mammifères, comme les gnous ou les zèbres qui migrent pour trouver de l'herbe fraîche ou de l'eau en suivant les pluies.

Mimétisme : Désigne la capacité de certains êtres vivants à ressembler à des éléments de leur milieu ou à d'autres êtres vivants, d'un point de vue morphologique. Cette stratégie d'imitation a pour but de se camoufler et d'échapper à la vue des prédateurs, de s'emparer des proies ou de faciliter les relations avec les congénères. Voir camouflage.

Monocotylédone : Parmi les angiospermes ou plantes à fleurs, les monocotylédones comprennent les végétaux dont la plantule typique ne présente qu'un seul cotylédon – ou feuille primordiale – issu de la graine. Exemples de plantes monocotylédones : le blé, le maïs, le palmier, l'iris.

On les reconnaît souvent à leurs feuilles, parfois pennées, qui présentent des nervures principales parallèles.

Les plantes dicotylédones comme le haricot, le pois, les rosacées ou astéracées, comportent deux cotylédons.

Monoculture : Mode d'agriculture consistant à ne planter qu'une seule espèce sur de vastes surfaces. La monoculture est source de graves déséquilibres écologiques car elle peut induire une érosion des sols et favoriser la prolifération des ravageurs et des maladies.

Mordant : Substance utilisée en teinture pour fixer le colorant sur la fibre.

Multiplication végétative : La multiplication végétative est un mode de reproduction asexuée. À la différence du semis qui donne de nouveaux spécimens (avec un nouveau patrimoine génétique), la multiplication végétative génère des clones (des individus généti-

quement identiques aux pieds mères). Elle est obtenue de façon spontanée ou provoquée, sans intervention de la graine, par une bouture (bouturage), une greffe, un stolon. La multiplication végétative s'oppose donc à la multiplication générative ou sexuée avec intervention d'une graine.

Mutualisme ou symbiose : Le mutualisme est une relation entre deux ou plusieurs espèces vivantes où le « symbiote » et l'hôte tirent tous les deux profit de la situation. Les deux espèces associées s'adaptent à la relation et une modification de comportement de l'une peut influencer sur la survie de l'autre. Par exemple, le ratel, un blaireau africain, peut s'associer à l'indicateur, un oiseau. L'oiseau par son chant guide le blaireau jusqu'à un nid d'abeille. Le blaireau ouvre la ruche sauvage pour y manger le miel et laisse à l'oiseau la cire et les larves.

N

Nappe phréatique : Nappe d'eau souterraine, soit issue de l'infiltration des eaux de pluie (renouvelable), soit « fossile » quand elle est très ancienne et prise au piège sous terre depuis la formation géologique du site (non renouvelable). Elle peut être enfouie plus ou moins profondément dans le sol, selon son origine.

La nappe phréatique joue un grand rôle dans les zones arides où elle représente la majeure partie des ressources en eau.

Nectarivore : Terme employé en zoologie ou en ornithologie pour désigner un animal qui se nourrit de nectar, substance riche en sucre, plus ou moins visqueuse, sécrétée par les plantes à fleurs. La plupart des nectarivores sont des insectes ou des oiseaux, mais il existe des mammifères nectarivores comme certaines chauve souris et une espèce d'opossum. Le nectar joue ainsi un rôle important dans la pollinisation de nombreuses plantes à fleurs en attirant les insectes butineurs. Voir ruissellement.

Nitrates : Les nitrates sont les sels minéraux de l'acide nitrique.

Ce sont des éléments minéraux nutritifs pour les plantes, cependant dans les zones d'agriculture intensive, l'utilisation en grande quantité d'engrais à base de nitrates conduit fréquemment à une pollution des eaux de surface et des eaux souterraines.

Noria : Une noria est un système hydraulique traditionnel qui sert à remonter de l'eau et qui fonctionne suivant le principe du chapelet hydraulique. C'est une grande roue à ailettes installée sur un cours d'eau et dotée d'une chaîne supportant une série de plateaux ou godets qui entraîne et remonte l'eau. Celle-ci est ensuite déversée dans un aqueduc associé qui la distribue.

Nutriment : Substances nutritives (éléments ou composés chimiques) de nature minérale ou organique, indispensables à la physiologie des organismes vivants. Les nutriments que les plantes absorbent pour leur croissance sont les phosphates, les nitrates, les sels minéraux et le potassium.

O

Oasis : Une oasis désigne une zone de végétation isolée dans une région désertique. Cela se produit à proximité d'une source d'eau ou lorsqu'une nappe phréatique est suffisamment proche de la surface du sol ou encore sur le lit de rivières qui viennent se perdre dans le désert. Une palmeraie d'oasis est un espace fortement anthropisé (voir anthropique) et irrigué qui supporte une agriculture généralement intensive et en polyculture.

Omnivore : Organisme vivant qui se nourrit d'aliments d'origine animale ou végétale.

Ongulé : Du latin *ungula* « ongle ». Les ongulés forment un groupe de mammifères qui possèdent un ou plusieurs sabots à l'extrémité de leurs membres. Le sabot est une formation cornée très développée (comme l'ongle chez les primates) qui enveloppe les doigts lors de la marche. La gazelle est un ongulé.

Oued : De l'arabe *wadi* « rivière ». Cours d'eau temporaire, à régime hydrologique très irrégulier, des régions sahariennes semi-arides. Ils sont à sec la plupart du temps mais peuvent connaître des crues violentes, surtout dans les massifs montagneux, entraînant d'énormes quantités de boue.

P

Parasitisme : Le parasitisme est une relation entre deux êtres vivants dont le parasite tire profit aux dépens de l'hôte en vivant soit à l'intérieur, soit à l'extérieur de celui-ci. Le parasite est un cas particulier de prédateur qui n'a pas pour but de tuer l'hôte mais de s'en nourrir. Il est cependant destructeur pour celui-ci. La tique, par exemple, est un parasite du chameau.

Pédologie : Du grec *pedon* « sol ». La pédologie est une des branches principales de la science des sols, de leur formation et de leur évolution. C'est une discipline qui s'appuie sur l'étude des interactions entre les différentes phases (liquide, gazeuse, solide) constituant le sol. Elle trouve des applications notamment dans l'agriculture, l'horticulture, la sylviculture, l'hydrologie (rétention de l'eau par le sol) ainsi que dans l'étude de la pollution (filtration des eaux).

Pépinière : En agriculture, sylviculture, arboriculture ou horticulture, une pépinière est un champ ou une parcelle de terre réservée à la multiplication des plantes ligneuses principalement (arbres, arbustes) ainsi que d'autres plantes vivaces et à leur culture jusqu'à ce qu'elles atteignent le stade où elles peuvent être transplantées.

Percolation : En hydrologie, la percolation désigne le phénomène par lequel l'eau pénètre et traverse les pores d'un sol ou d'une roche et migre lentement à travers les sols. Infiltration et percolation sont deux processus successifs indispensables pour la recharge des nappes phréatiques souterraines à partir des eaux de surface. Voir ruissellement.

Pétiole : Support d'une feuille par lequel elle s'accroche à la tige.

Phloème : Dans la structure d'un arbre, le phloème est le tissu conducteur de la sève. Le mouvement de sève est bidirectionnel dans le phloème, tandis que dans les cellules du xylème, le mouvement de la solution nutritive (eau et cellules mortes) remonte du sol, il est continu et ascendant.

Phorésie : Du grec *phoros* « porter ». La phorésie est une relation entre deux êtres vivants dans laquelle l'un assure, temporairement le plus souvent, le transport de l'autre. Il s'agit d'une association libre et non-destructrice. Certaines grandes raies assurent ainsi le transport de poissons.

Photosynthèse : Processus bioénergétique qui permet aux plantes de synthétiser leur matière organique, c'est à dire de fabriquer de la matière carbonée organique à partir du dioxyde de carbone de l'air, de l'eau et des sels minéraux du sol, en exploitant l'énergie solaire. Par l'absorption des sucres fabriqués lors de la photosynthèse, les plantes produisent leur matière végétale qui sert ensuite de nourriture à d'autres organismes vivants (herbivores). Voir chlorophylle.

Phyllophage : Un organisme phyllophage est un cas particulier de phytophages (tous les organismes qui se nourrissent à partir des végétaux). Il se nourrit précisément du tissu de la feuille des végétaux, soit en en prélevant une partie, soit en suçant les liquides ou la sève. Les bovins sont des phyllophages.

Phyllotaxie : On appelle phyllotaxie l'ordre dans lequel sont implantés les feuilles ou les rameaux sur la tige d'une plante ou par extension, la disposition des éléments d'un fruit, d'une fleur, d'un bourgeon ou d'un capitule. On appelle aussi phyllotaxie la science qui étudie ces arrangements. Ceux-ci dépendent du nombre de feuilles par nœud et de l'arrangement de ces feuilles le long de la tige. La disposition est dite « alterne » quand les feuilles sont disposées de part et d'autre de la tige de façon alternée ; elle est dite « opposée » quand les feuilles se font face sur la tige à

chaque niveau ; elle est dite « verticillée » quand on compte trois feuilles ou plus par niveau.

Pistil : Ensemble des organes femelles de la fleur, composé du (ou des) ovaire(s), du (ou des) style (s) et du (ou des) stigmate(s).

Plante annuelle : Une plante annuelle est une plante dont le cycle de vie (de la germination à la mort) s'effectue en une année. Il faut donc la ressemer régulièrement comme le blé.

Plante aromatique : Les plantes aromatiques sont les plantes utilisées en cuisine et en médecine douce pour les arômes qu'elles dégagent et les huiles essentielles que l'on peut en extraire. Exemples : l'anis étoilé ou badiane, l'anis vert, le romarin, l'eucalyptus.

Plante émergente : Plante enracinée au fond de l'eau, mais dont la plus grande partie se situe au-dessus de la surface comme les joncs (*Juncus sp.*).

Plante flottante : Plante non enracinée, flottant librement à la surface de l'eau comme les lentilles d'eau.

Plante indigène (ou plante locale) : Plante qui croît naturellement dans une zone donnée de la répartition globale de l'espèce et dont le matériel génétique s'est adapté à cet endroit. Si la plante ne se rencontre qu'en un lieu ou une région spécifique du monde on parle de plante endémique (plus restrictif). Voir endémisme.

Plante ligneuse : Du latin *lignosus*, *lignum* « bois ». Une plante ligneuse est une plante constituée de bois. On peut parler d'une tige ligneuse par opposition à une tige herbacée. Le terme désigne les arbres, arbustes et arbrisseaux par opposition aux plantes herbacées.

Plante médicinale : Plante utilisée par l'homme à des fins thérapeutiques.

Plante saline : Ce qui est salin contient du sel. Par extension, une plante saline peut désigner une plante se développant bien dans des milieux riches en sel.

Dans le langage scientifique, on parle de plante halophile.

Plante succulente : Du latin *succulentus* « plein de suc ».

Les plantes succulentes sont des plantes charnues, également appelées « plantes grasses » qui sont adaptées pour survivre dans des milieux arides avec les caractéristiques du sol et du climat propres à ces milieux. Leur adaptation est liée à leur capacité de stocker de l'eau dans leurs feuilles, dans leurs tiges ou dans leurs racines comme les agaves, les euphorbes, les aloès ou les cactées.

Plante vivace : Une plante vivace est une plante qui vit deux ans au moins (par opposition aux plantes annuelles ou bisannuelles), mais qui souvent vit beaucoup plus longtemps. Les plantes ligneuses (arbres, arbustes, arbrisseaux) sont par définition des plantes vivaces. Elles peuvent conserver leur feuillage à la mauvaise saison (la saison sèche en région aride), mais le plus souvent celui-ci disparaît et la plante survit grâce à la souche restée dans le sol ou grâce à un organe de survie (bulbe, rhizome) enfoui dans le sol.

Pollinisation : Processus de transport d'un grain de pollen issu d'une plante à fleurs depuis les étamines (organes sexuels mâles) jusqu'au pistil (ensemble des organes femelles) de la même espèce, rendant possible la fécondation. Certaines fleurs sont pollinisées par les abeilles, les insectes, d'autres le sont par les oiseaux ou certains mammifères, d'autres par le vent. Le processus de la pollinisation suivie de la fécondation est le mode de reproduction privilégié des plantes à fleurs (angiospermes).

Port : En botanique, le port désigne l'aspect général d'une plante. On peut distinguer le port élancé d'un cyprès, le port en parasol d'un *Acacia tortilis*, le port pleureur, aux branches retombantes d'un cèdre pleureur.

Prédateur : Organisme qui se nourrit d'autres organismes vivants. Les herbivores sont les prédateurs des végétaux. Afin de se nourrir ou d'alimenter leur progéniture, certains prédateurs utilisent de nombreuses stratégies. Ils in-

fluent directement sur les populations des proies et contribuent à maintenir l'équilibre biologique des écosystèmes. On distingue les superprédateurs ou prédateurs absolus qui ne sont pas eux-mêmes la proie d'autres prédateurs.

Producteur : Dans la représentation d'un réseau trophique rassemblant les chaînes alimentaires d'un écosystème, l'énergie passe des producteurs d'aliments aux animaux consommateurs en une série d'étapes appelées niveaux trophiques et représentées classiquement par les étages successifs d'une pyramide plus ou moins élevée. Les producteurs sont les espèces végétales qui produisent des protéines et des sucres à partir de l'énergie lumineuse du soleil et la convertissent en molécules utilisables par d'autres organismes.

Programme génétique : Les instructions nécessaires à l'élaboration des caractères héréditaires des individus de chaque espèce constituent le programme génétique de chaque individu. Cette information génétique est contenue dans les noyaux des cellules.

Puisard : En région saharienne existent des puisards. La différence entre un puits et un puisard est notable : un puisard est un trou creusé d'un diamètre relativement petit et peu profond. L'eau recherchée se trouve à faible profondeur et un berger peut sans technique ni structure particulière extraire l'eau. Le puisard est creusé en quelques heures avec une gamelle. Certains, plus profonds, peuvent être creusés à la surface d'une mare asséchée. Ils sont abandonnés après usage et tarissent rapidement.

Q

Quant : Nom utilisé en Iran pour désigner le même système hydraulique que l'on trouve en Algérie avec les foggaras.

R

Racine pivot : On parle de « racine pivot » ou de « racine pivotante ». Se dit de la racine principale d'une plante qui s'enfonce verticalement dans la terre et est dominante par rapport aux racines secondaires.

Radicelle : Une radicelle est une petite racine secondaire. Très nombreuses, elles puisent dans le sol l'eau et les nutriments et comportent beaucoup de poils absorbants.

Ravinement : Le ravinement est le processus de formation des ravines ; ces sillons profonds ou incisions linéaires sont créés par le ruissellement concentré des eaux sur un versant. Dans les régions arides, le ravinement peut être renforcé par la nudité des versants, l'absence de végétation et l'imperméabilité de certains sols soumis aux précipitations souvent courtes mais intenses.

Reg : Un reg est un désert pierreux, une grande étendue de surface caillouteuse, à peine marquée par le relief et quasiment dépourvue de végétation. Les regs procèdent d'un processus d'émiettement de la roche, de désagrégation mécanique et sont également dus à la déflation causée par le vent. Les pierres sont souvent recouvertes par l'enduit désertique ou vernis éolien.

Règne : Le règne est le plus haut niveau de classification des êtres vivants par les scientifiques. À l'exception des virus, les êtres vivants sont répartis en 5 règnes du vivant : les animaux, les végétaux, les champignons, les protistes (organismes eucaryotes unicellulaires) et les procaryotes (telles les bactéries).

Réseau des Écoles associées de l'UNESCO : Créé en 1953, le Réseau des Écoles associées de l'UNESCO (Associated Schools Project Network ou ASPnet) est un réseau mondial d'environ 8000 établissements scolaires répartis dans 177 pays (des écoles maternelles aux écoles primaires et secondaires et aux instituts de formation des enseignants) qui travaillent en faveur d'une éducation de qualité.

Réseau trophique : Le terme de réseau trophique désigne l'ensemble des chaînes alimentaires reliées entre elles au sein d'un écosystème.

Ces chaînes alimentaires relient les diverses catégories écologiques d'êtres vivants qui constituent la biocénose, à savoir :

– les *producteurs*, constituées par les plantes vertes, premier niveau trophique ;

– les *consommateurs primaires*, constitués par les animaux herbivores, deuxième niveau trophique ;

– les *consommateurs secondaires*, constitués généralement de carnivores et de parasites qui se nourrissent des herbivores, troisième niveau trophique ;

– les *consommateurs tertiaires* qui se nourrissent des carnivores primaires ou consommateurs secondaires, quatrième niveau trophique.

Sans oublier les *décomposeurs* qui désagrègent et minéralisent la matière organique morte. Cf. schéma p. 21.

Réserve de biosphère : Aire portant sur des écosystèmes terrestres, marins et des eaux côtières, reconnue au niveau international par l'UNESCO comme site privilégié pour la recherche et la promotion des relations équilibrées entre les hommes et la nature. Voir MAB.

Ressources : On divise les facteurs abiotiques d'un écosystème en deux catégories : les ressources et les conditions.

Les ressources, dans le domaine abiotique, se réfèrent à l'eau, au dioxyde de carbone, à la lumière, aux nutriments du sol et à l'espace.

Ressources naturelles : Les éléments minéraux ou biologiques pour lesquels l'homme a trouvé une utilisation constituent des ressources naturelles : le concept de ressource naturelle implique l'idée d'usage. Ces ressources peuvent être divisées en deux groupes :

Les *ressources non renouvelables* constituées par les matières premières minérales, comme les métaux ;

Les *ressources renouvelables* qui peuvent être exploitées sans épuisement dans la mesure où le taux de prélèvement est inférieur à la productivité disponible, comme les forêts.

Aujourd'hui, la tendance à l'épuisement

des ressources naturelles se confirme et persiste.

Rhizome : Tige souterraine, généralement horizontale, sans chlorophylle, de certaines plantes vivaces. Le rhizome porte des feuilles réduites à des écailles, des nœuds et des bourgeons qui produisent des tiges aériennes et des racines. Le rhizome, en se ramifiant, permet la multiplication végétative de la plante qui peut devenir proliférante comme le bambou. Certains rhizomes épaissis sont comestibles comme le gingembre, d'autres se transforment en tubercules comestibles comme l'igname.

Roche mère : La roche mère d'un sol constitue le substrat de celui-ci. On étend le concept de roche mère à tout ce qui concerne la nature des roches formant une couche géologique, en intégrant les caractères physico-chimiques de celles-ci.

Ruissellement : En hydrologie, le ruissellement désigne le phénomène d'écoulement des eaux à la surface du sol. Il s'oppose au phénomène d'infiltration. L'eau des précipitations s'écoule en suivant les courbes du relief et constitue un des moteurs de l'érosion : l'eau entraîne avec elle des particules du sol plus ou moins grosses en fonction de la quantité d'eau en mouvement et de la pente, ce qui peut éroder les terres ainsi soumises au ruissellement.

S

Saumâtre : Une eau saumâtre est une eau moins salée que l'eau de mer, en général composée d'un mélange d'eau de mer et d'eau douce, telle qu'on la trouve dans les lagunes.

Sebkha : Les sebkhas forment des marais salants temporaires dans le désert. L'eau peut provenir du ruissellement ou de sources temporaires.

Sédiment : Matériaux provenant essentiellement de l'érosion de roches (sol, sable, argile, graviers, blocs), transportés par divers agents comme l'eau, le vent, la glace ou la gravité et qui, lorsqu'ils se

déposent, deviennent compacts et forment une roche. Ils peuvent aussi provenir de matière organique (accumulation de coquilles, de débris de coraux).

Séguia : Une fois sortie de terre, l'eau des foggaras circule à travers l'oasis : elle est drainée dans des canalisations de plein air, les séguias, qui la distribuent vers les différents terrains.

Sempervirent : Du latin *semper, virens* « toujours vert ».

En botanique, le terme désigne une plante qui garde ses feuilles tout au long de l'année, par opposition aux arbres à feuillage caduc. En région aride, les arbres à feuilles caduques se dépouillent au début de la saison sèche ; c'est la diminution d'humidité du sol qui déclenche la chute des feuilles. Les arbres au feuillage persistant ou sempervirent restent verts même pendant la sécheresse ; il s'agit par exemple du myrte (*Myrtus communis*), du genévrier de Phénicie (*Juniperus phoenicea*), du tamarinier (*Tamarindus indica*), du chêne vert (*Quercus ilex*).

Simple : Feuille dont le limbe est d'une seule pièce, non composé. Exemple : la feuille du figuier, de l'olivier.

Site naturel sacré : Les sociétés traditionnelles du monde entier ont conféré un statut particulier à certains sites naturels qu'elles considèrent comme sacrés : ils représentent la diversité des systèmes de croyances traditionnelles existant sous de multiples formes. Qu'ils soient forêts ou montagnes sacrées, sources, rivières, lacs ou grottes sacrées et autres multiples exemples de sites et de lieux vénérés, ils ont en commun cette dimension prégnante de signification et d'importance que revêt ce qui est identifié comme spirituel. Par essence, ces sites étaient les premiers sites protégés sur Terre.

Stolon : Mince tige aérienne et rampante, à la surface du sol, qui sert à la multiplication végétative d'une plante. Au niveau d'un nœud et souvent au contact du sol, le stolon donne naissance à une nouvelle plante en s'enracinant à son extrémité. Le stolon meurt puis disparaît quand la nouvelle plantule est autonome.

Stomate : Un stomate est un orifice de petite taille présent dans l'épiderme des organes aériens des végétaux (sur la face inférieure des feuilles le plus souvent). Il permet les échanges gazeux entre la plante et l'air ambiant (dioxyde de carbone, oxygène, vapeur d'eau). Les stomates peuvent être très nombreux sur les feuilles, de 50 à 500 par mm². En région aride, ils sont beaucoup moins nombreux chez les espèces xérophytes et se sont souvent enfoncés dans l'épiderme, au fond de sillons. Par les stomates, la plante exerce un contrôle sur son propre flux interne d'eau et de substances nutritives. Ainsi quand la chaleur est trop forte ou l'alimentation en eau insuffisante, les stomates peuvent se fermer et bloquer les processus de photosynthèse et de transpiration.

Substrat : En géologie, le substrat est l'élément sur lequel repose une couche géologique. Ce substrat géologique donne au sol sa composition minérale d'origine. Voir roche mère.

Succession écologique : En écologie, une succession écologique représente le processus de développement d'un écosystème au cours du temps. Le processus consiste en une série d'étapes se succédant dans un ordre adéquat, comme les stades successifs bien marqués d'une végétation pionnière herbacée, qui devient rapidement buissonnante, puis arbustive. Les transformations des communautés végétales et animales, du sol et du microclimat qui caractérisent une succession sont particulièrement fortes pour les successions qui suivent une perturbation importante, comme après une coupe forestière ou une forte tempête.

SUMAMAD (Sustainable Management of Marginal Drylands) : SUMAMAD est un projet du Programme sur l'Homme et la biosphère (MAB) de l'UNESCO dont la mission est de renforcer la gestion durable des terres arides marginales en Afrique du Nord et en Asie. Le projet propose des méthodes de gestion qui favorisent la viabilité économique, la conservation des ressources, en particulier des sols et des réserves en eau, et qui encouragent la réhabilitation des terres dégradées en utilisant une approche

basée sur la participation des communautés locales. La formation, le renforcement des capacités et l'interaction avec les propriétaires terriens, les agriculteurs et d'autres partenaires et acteurs, est une dimension-clé du projet, intégrant à la fois les pratiques de gestion traditionnelles durables et l'expertise scientifique.

Surpâturage : Pratique qui consiste à faire paître trop de bétail durant une trop longue période sur des terres qui ne parviennent pas à se régénérer et à reconstituer leur végétation. Le terme peut aussi désigner la pratique consistant à faire paître des ruminants sur des terres non adaptées au pâturage à cause de paramètres physiques comme la pente. Le surpâturage conduit à l'érosion du sol et à la destruction d'une couverture végétale déjà fragile ou clairsemée.

T

Tanins : Substances d'origine organique que l'on trouve dans la plupart des plantes et dans toutes leurs parties (écorces, racines, feuilles), caractérisées par leur astringence (sensation de dessèchement en bouche) et employées pour fabriquer du vin, tanner les peaux, protéger le cuir, teindre les étoffes. L'écorce d'*Acacia seyal* est riche en tanins utilisés pour la teinture rouge. Voir tinctorial.

Tinctorial : Qui sert à teindre. On parle de plantes tinctoriales, de matières tinctoriales (pigments minéraux) quand elles fournissent une substance utilisée pour la teinture et la décoration des textiles, des cuirs, des céramiques, des murs, des corps...ou dans la préparation des colorants alimentaires.

Transpiration : On distingue la transpiration animale et la transpiration végétale.

La transpiration animale est l'évacuation de la sueur chez l'homme et les mammifères par les pores de la peau. Elle permet de réguler la température du corps. La transpiration végétale est l'élimination de la vapeur d'eau en excès chez les plantes. C'est un processus continu qui

englobe à la fois l'évaporation d'eau par les feuilles et l'absorption simultanée d'eau par les racines dans le sol. La transpiration se produit au niveau des stomates et agit comme moteur dans la circulation de la sève.

Transplanter : Sortir de terre une plante herbacée ou un arbre (généralement à l'état de jeune plant) pour le replanter ailleurs.

Tubuleuse : Tubuleuse ou tubulée. Se dit des fleurons (petites fleurs) en forme de tube formant le cœur des fleurs des astéracées.

Tumulus : Un tumulus est une éminence artificielle, circulaire ou non, recouvrant une sépulture. Les tumuli de terre sont rares aujourd'hui alors que les tumuli de pierres (ou cairns) sont assez bien conservés. Les civilisations d'Amérique précolombienne et d'Égypte antique ont compté des bâtisseurs de tumuli.

Turbidité : La turbidité désigne la teneur d'un liquide, en général de l'eau, en matières qui la troublent. Elle résulte de particules en suspension qui absorbent, diffusent ou réfléchissent la lumière. La turbidité est un facteur écologique important qui peut révéler un fort taux de sédiments, une teneur élevée en plancton, une pollution de l'eau.

U

UNESCO

Organisation des Nations unies pour l'éducation, la science et la culture : Les programmes scientifiques de l'UNESCO liés à l'écologie placent les sciences écologiques et les sciences de la terre au service du développement durable. Ces programmes contribuent notamment à lutter contre la désertification. Les activités liées à la biodiversité sont principalement gérées à travers le Programme sur l'Homme et la biosphère (MAB). Le Programme hydrologique international (PHI) s'occupe du problème prioritaire des ressources en eau et des écosystèmes en s'efforçant de réduire les risques

qui pèsent sur les systèmes hydriques. Les principales activités de recherche dans les domaines de la géologie et de la géophysique sont organisées dans le cadre du Programme international de géosciences (PICG).

V

Végétation spontanée : Lorsqu'une végétation échappe à l'action de l'homme, elle présente une transformation spontanée et lente au cours de laquelle des groupements végétaux différents se succèdent en divers points de l'espace. La végétation spontanée qualifie ces peuplements. Elle est liée à l'activité humaine et doit son maintien à des modes d'exploitation mais elle évolue d'elle-même, est peu perturbée et souvent de grande diversité.

X

Xérophyte : Les xérophytes désignent les plantes adaptées aux milieux secs. Ces plantes se rencontrent dans des environnements variés comme les déserts rocaillieux ou les formations buissonnantes typiques des régions arides ou semi-arides.

Leurs adaptations visent principalement à lutter contre la perte d'eau et le stress hydrique ainsi qu'à obtenir autant d'eau que l'environnement peut en fournir. Parmi les adaptations morphologiques des xérophytes, on peut citer les surfaces épaisses et dures des plantes comme *Opuntia*, de la famille des Cactées, revêtues d'une cuticule cireuse (une couche étanche, à l'aspect verni) limitant la transpiration. On peut également citer le système racinaire profond des acacias afin d'atteindre les réserves d'eau souterraines les plus inaccessibles. Voir plante succulente et euphorbe.

Xylème : Dans la structure d'un arbre, le xylème est le tissu qui a la capacité de transporter de grandes quantités d'eau depuis le sol nutritif jusqu'aux feuilles qui réalisent la photosynthèse. Il trans-

porte donc une solution contenant de l'eau et des sels minéraux vers le sommet et les feuilles qui agissent comme des pompes.

Xylophage : Du grec *xulon* « bois ».

Se dit des animaux dont le régime alimentaire est composé de bois et qui, à l'état de larve ou à l'état adulte, mangent les branches, les troncs ou les racines des arbres morts ou vivants.

Z

Zaï : En Afrique, le zaï est une technique traditionnelle de préparation du sol qui consiste à faire des trous dans le sol pour récupérer un peu d'eau de ruissellement, puis d'y semer les graines de mil ou de sorgho afin de rendre les semis moins sensibles en cas de pluies irrégulières. La technique est améliorée en préparant très tôt les terrains, bien avant les pluies : on apporte des débris organiques dans les trous et les termites viennent s'y nourrir et creuser des galeries qui permettent une plus grande infiltration des eaux ; on peut y semer ensuite en introduisant également de la fumure.

Zoochorie : La zoochorie désigne le mode de dissémination des graines des végétaux par les animaux. Les graines peuvent être disséminées par les déjections de l'animal (endozoochorie) ou par transport externe, grâce à certains crochets ou aiguillons présents sur les fruits qui s'accrochent dans les poils des animaux (épizoochorie).

Zooplancton : Parmi la biomasse qui constitue le plancton évoluant dans le milieu marin ou dans les eaux douces ou saumâtres des régions sèches, le zooplancton est un plancton animal constitué d'un ensemble d'organismes animaux de petite taille vivant en suspension dans l'eau, généralement constitué de protozoaires, coelentérés, crustacés, aux stades larvaire ou adulte. Le zooplancton a une grande importance dans les chaînes alimentaires, dans les cycles biochimiques (cycle du carbone) et dans les entreprises de dépollution des eaux (lagunage).



Empreintes réalisées par des enfants
à partir de végétaux
lors d'un atelier de peinture, 2006
©Hélène Gille

Remerciements

Nous tenons à remercier spécialement
les personnes suivantes pour leur contribution
à l'amélioration du kit pédagogique :
Jean-Pierre Ablard, Nina Cooper,
Matthieu Deldicque, l'École Perceval de Chatou,
Rogo Koffi Fiangor, Frédéric Létang,
Denise Létang, Ana Persic
et les photographes
Yann Arthus-Bertrand, Olivier Brestin,
Michel Le Berre.

Une approche créative de l'éducation à l'environnement

Ce manuel de l'enseignant fait partie du kit pédagogique intitulé : *Une approche créative de l'éducation à l'environnement / Kit pédagogique pour les pays situés en zones sèches* publié par l'UNESCO.

Le kit est disponible en quatre langues (anglais, arabe, espagnol, français) et il se compose de trois documents :

- *Le manuel de l'enseignant*, élément central du kit, organisé en trois chapitres ;
- *Le cahier de la classe* à l'attention des élèves ;
- *La carte des zones sèches* dans le monde.



École

Pays/ville

Classe

Nom du professeur

le cahier de la classe

Une approche créative
de l'éducation à l'environnement

Kit pédagogique pour les pays situés en
zones sèches



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture



Programme sur l'Homme
et la biosphère



Ecoles associées
de l'UNESCO



Kit pédagogique pour les pays situés en zones sèches

Une approche créative de l'éducation à l'environnement

Responsable de la publication :
Thomas Schaaf, UNESCO

Rédaction et conception du projet :
Hélène Gille

Conseillers scientifiques :
Michel Le Berre, Thomas Schaaf

Coordination et iconographie :
Hélène Gille

Avec la collaboration de :
Cathy Lee

Conception graphique :
Mecano, Laurent Batard
assisté de Marion Malpeyrat
et de Claire Morel Fatio

Suivi administratif :
Natasha Lazic

Impression :
LM Graphie

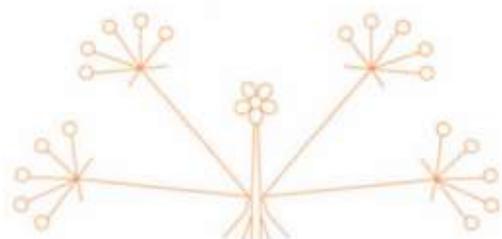
Imprimé sur Centaure blanc
300g et 120 g

Publié en 2007 par le programme
sur l'Homme et la biosphère (MAB), UNESCO
1, rue Miollis
75732 Paris Cedex 15, France
E-mail : mab@unesco.org
www.unesco.org/mab

©UNESCO 2007

An abstract illustration featuring a hand holding a small orange flower, a large grey hand holding a bundle of sticks, and various orange and grey geometric shapes and patterns scattered across the white background. The text "à vous de jouer..." is written in orange in the center.

à vous de jouer...



Racontez l'activité



Pourquoi le cahier de la classe ?

Vous venez de réaliser une des activités du kit, alors... à vos crayons!
Voici un cahier qui vous est destiné en accompagnement du manuel de votre professeur.

Vous trouverez dans le cahier la double page qui correspond à l'activité que vous venez de réaliser. C'est à vous de la remplir...

Avec l'aide du professeur, constituez des groupes et à tour de rôle, au fil de la réalisation des activités, un des groupes peut remplir la double page correspondante.

Souvenez-vous de l'exercice mené, remettez-vous dans l'ambiance...

Selon quel enchaînement s'est déroulée l'activité? Quels étaient les objectifs?

Quelles images, quelle scène gardez-vous en mémoire?

Avez-vous particulièrement aimé une étape de l'activité?

Décrivez...en utilisant votre propre vocabulaire et les termes précis que vous avez appris.

Répondez aux questions, n'oubliez pas de dessiner, ni de colorier.

Quel est l'objet, l'élément, le détail qui, tous ensemble, vous a le plus frappés lors de la réalisation de l'activité? Comment le représenter?

Exercez-vous et faites-en un croquis, l'important est d'en garder une trace.

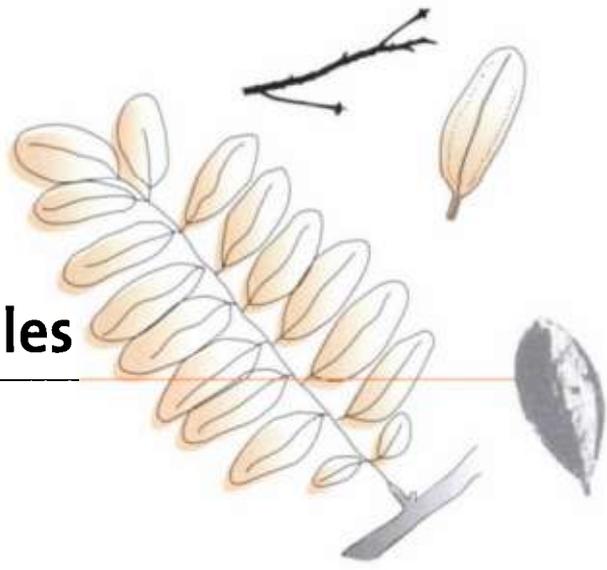
Si toutefois vous manquez de place, vous pouvez utiliser les dernières pages du cahier de la classe réservées aux notes et aux croquis supplémentaires (cf. pages 44 à 48).

Une fois le cahier rempli, vous pouvez demander à votre professeur de le photocopier et, si l'ensemble de la classe le souhaite, vous pouvez envoyer une copie du cahier à une autre école partenaire du Réseau des Ecoles associées de l'UNESCO (réSEAU).

Pour cela, avec votre professeur, vous pouvez vous renseigner sur les établissements participant au réSEAU via les coordinateurs nationaux, auprès du bureau de l'UNESCO de votre pays ou sur le site Internet du programme: <http://www.unesco.org/education/asp>, et ainsi échanger votre cahier avec celui d'une autre école associée pour comparer vos observations, vos découvertes et les écosystèmes de vos régions respectives!

Chapitre n°1 | Activité n°1

La collection des merveilles



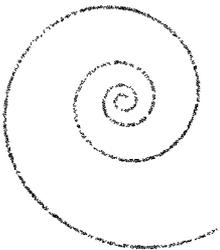
Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?



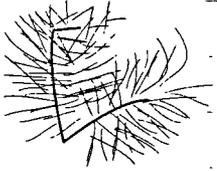
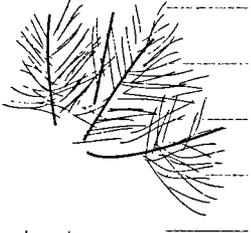
Racontez-la plus en détail:

à vos crayons!





Qu'est-ce qu'un biotope?



Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqué lors de la réalisation de l'activité?

Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...

Chapitre n°1 | Activité n°2

Formes et compositions au sol

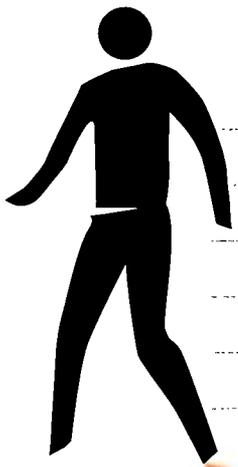
Où et quand avez-vous réalisé l'activité?



Comment s'est-elle déroulée?



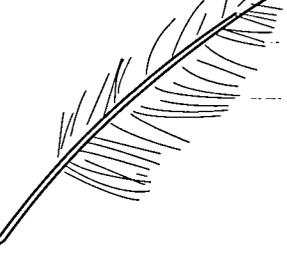
Racontez-la plus en détail:



à vos crayons!



Pourquoi les espèces dépendent-elles de leur milieu et des autres espèces pour vivre?



Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqué lors de la réalisation de l'activité?

Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Chapitre n°1 | Activité n°3

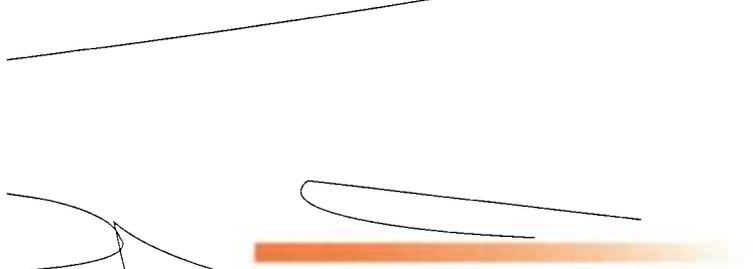
Terre, pierre et érosion

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

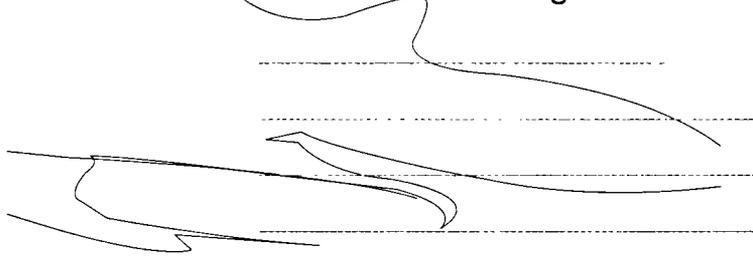
Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:

à vos crayons!



Pourquoi l'érosion éolienne entraîne-t-elle la dégradation des sols sans couverture végétale ?

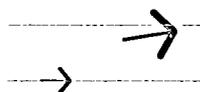


Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité ?

Pouvez-vous le décrire ? Le dessiner ? Le peindre ?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...

→



Chapitre n°1 | Activité n°4

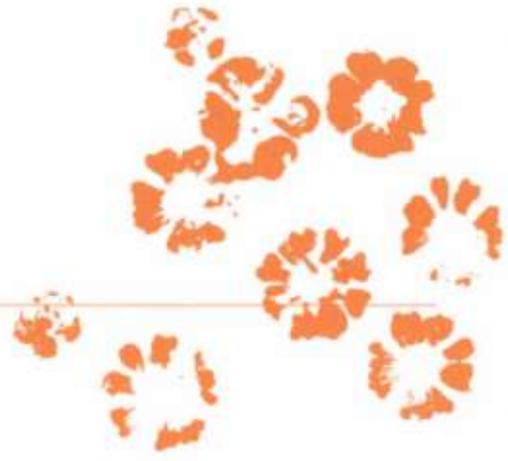
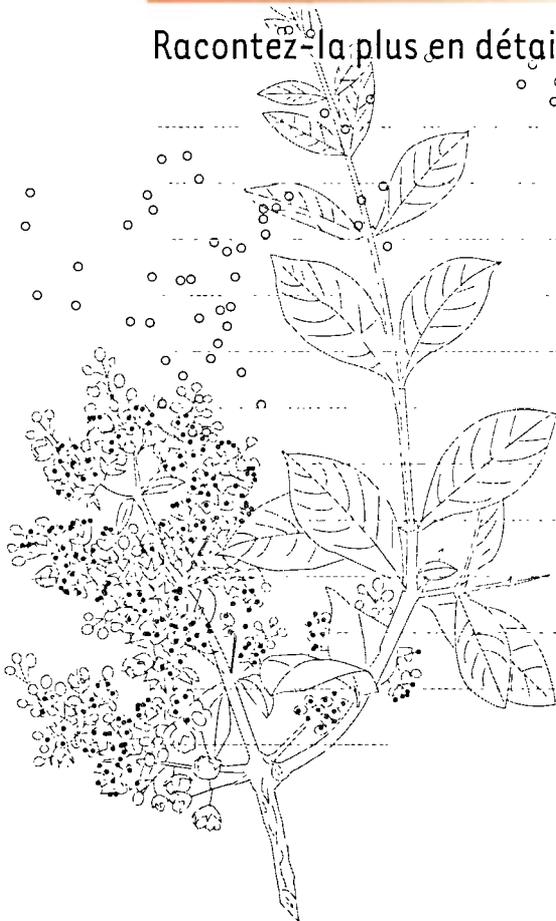
La palette de la nature

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:

à vos crayons!



Quels sont les colorants naturels (végétaux et minéraux) utilisés par la population pour la teinture et la peinture (textiles, cuirs, bois, céramique, murs, peintures corporelles) ?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité ?

Pouvez-vous le décrire ? Le dessiner ? Le peindre ?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...

Chapitre n°1 | Activité n°5

Sur les traces de la faune sauvage

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:



à vos crayons!



Quelles informations sur les différents modes de vie des espèces animales peut-on obtenir à partir des empreintes et des diverses traces laissées par les animaux ?



Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqué lors de la réalisation de l'activité ?

Pouvez-vous le décrire ? Le dessiner ? Le peindre ?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...

Chapitre n°1 | Activité n°6

La fresque de l'écosystème

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:



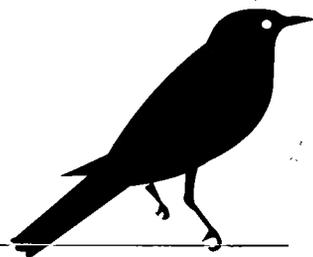
à vos crayons!

Quelles espèces constituent les producteurs, les consommateurs et les décomposeurs d'un réseau trophique que vous avez étudié pour comprendre l'écosystème local? (cf. schéma page 21 dans le manuel de l'enseignant)

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité?

Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...

Chapitre n°1 | Activité n°7**Biodiversité et mise en scène:
une maille dans la toile de vie**

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:



Pouvez-vous citer plusieurs exemples de pratiques agricoles menant à la réduction de la diversité biologique dans les régions sèches?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité?

Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...

à vos crayons!

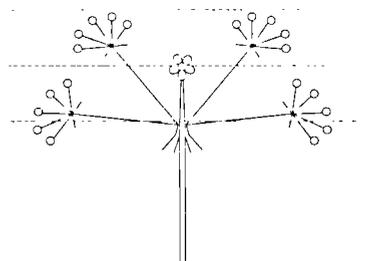
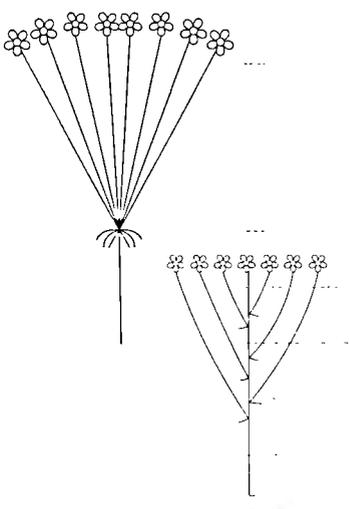
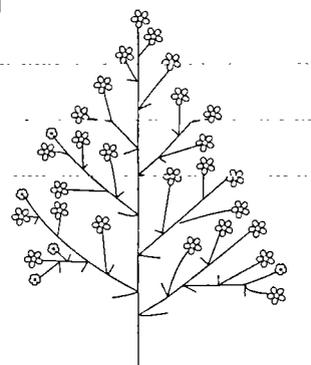
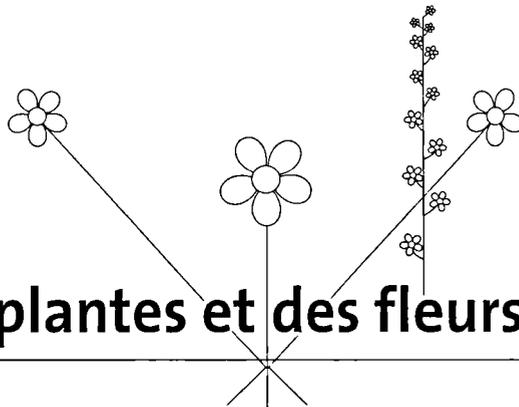
Chapitre n°2 | Activité n°1

Parcours initiateur des plantes et des fleurs

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:

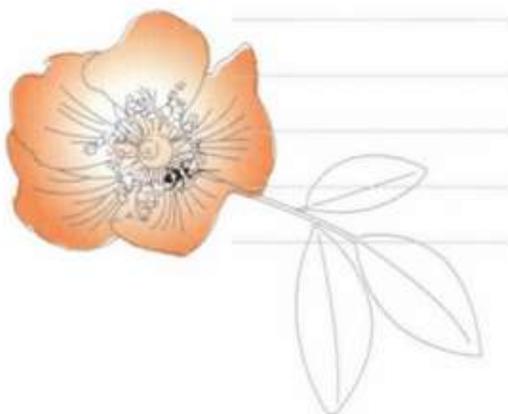


Parmi les plantes à fleurs qui vous entourent, pouvez-vous citer trois exemples différents d'inflorescences, les représenter et les colorier?
Comment ces fleurs sont-elles pollinisées?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqué lors de la réalisation de l'activité?

Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

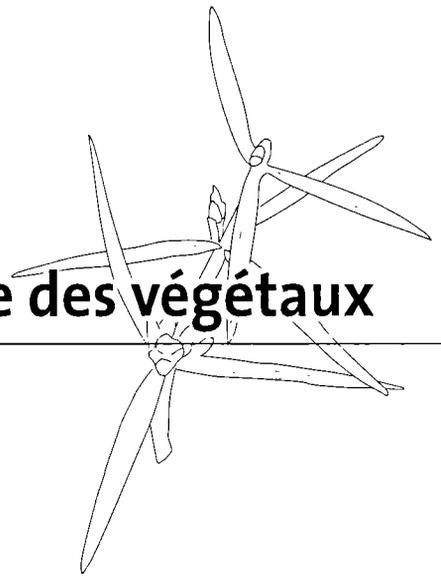
Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



à vos crayons!

Chapitre n°2 | Activité n°2

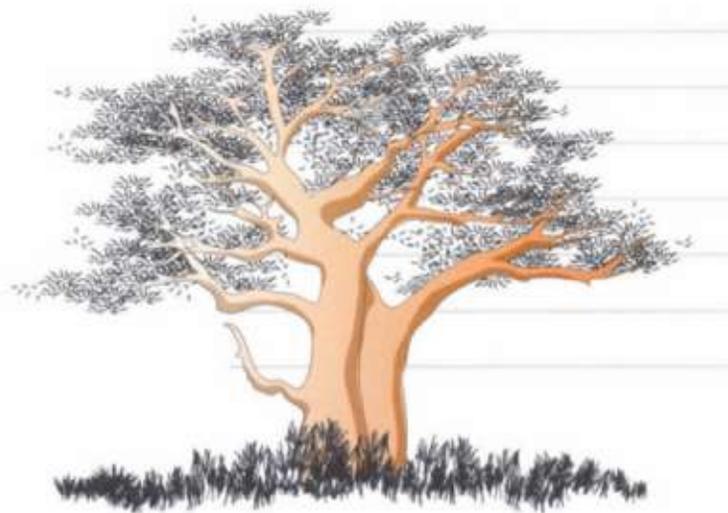
Forme et dessin: l'anatomie des végétaux



Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:



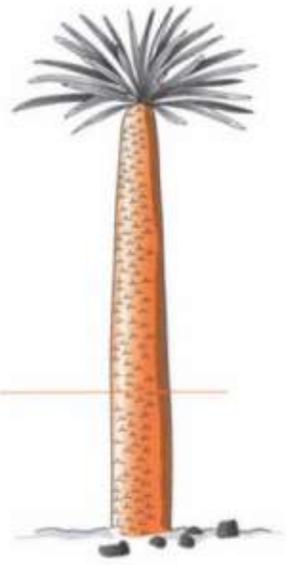
Quels sont les facteurs extérieurs qui peuvent rendre l'aspect d'un arbre irrégulier et le détourner de sa croissance naturelle?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqué lors de la réalisation de l'activité?

Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...

Chapitre n°2 | Activité n°3

« Vivre au sec » ou l'adaptation des plantes au désert

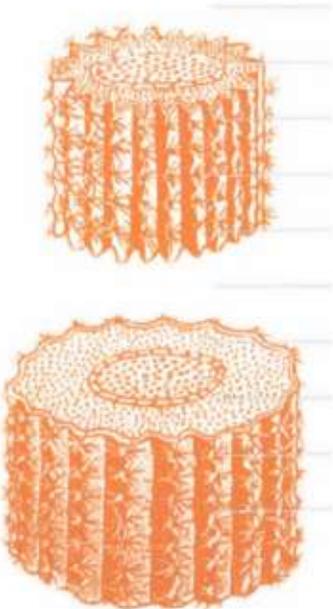
Où et quand avez-vous réalisé l'activité?



Comment s'est-elle déroulée?



Racontez-la plus en détail:



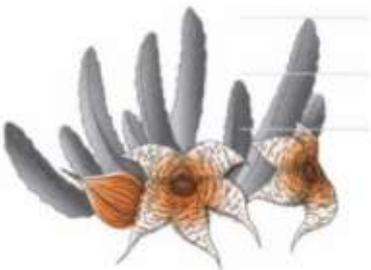
Quelles sont les principales adaptations morphologiques des xérophytes pour s'alimenter en eau d'une part et pour limiter les pertes d'eau par la transpiration d'autre part ?



Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité ?

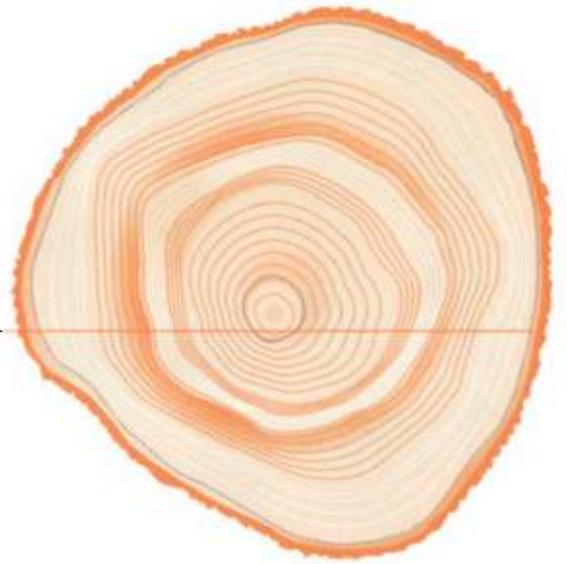
Pouvez-vous le décrire ? Le dessiner ? Le peindre ?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Chapitre n°2 | Activité n°4

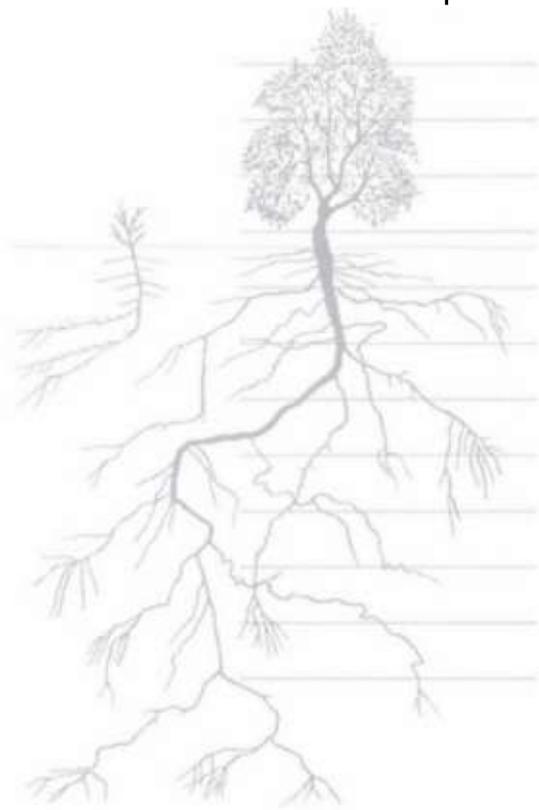
L'écosystème de l'arbre



Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:

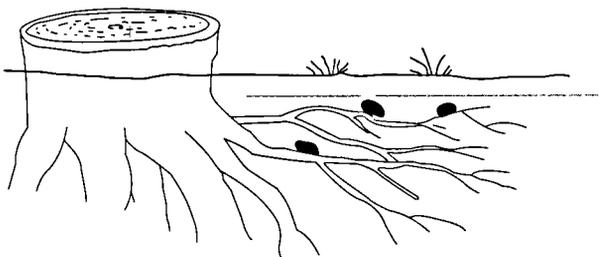


À quoi servent les racines d'un arbre et quel est le rôle précis des radicelles?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité?

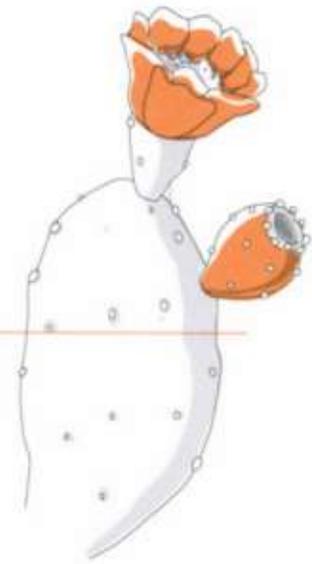
Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Chapitre n°2 | Activité n°5

Un inventaire des plantes utiles



Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:

Avez-vous recensé une même espèce à la fois comme plante comestible, comme plante médicinale et parmi les végétaux utilisés dans la fabrication des maisons ? Quelle est-elle et pouvez-vous décrire précisément les utilisations qui en sont faites ?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité ?

Pouvez-vous le décrire ? Le dessiner ? Le peindre ?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...

Chapitre n°2 | Activité n°6**La plante mascotte**

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:



Dans quels cas une espèce végétale naturelle - particulièrement utile pour la population - ne parvient-elle plus à se régénérer dans un écosystème ?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité ?

Pouvez-vous le décrire ? Le dessiner ? Le peindre ?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



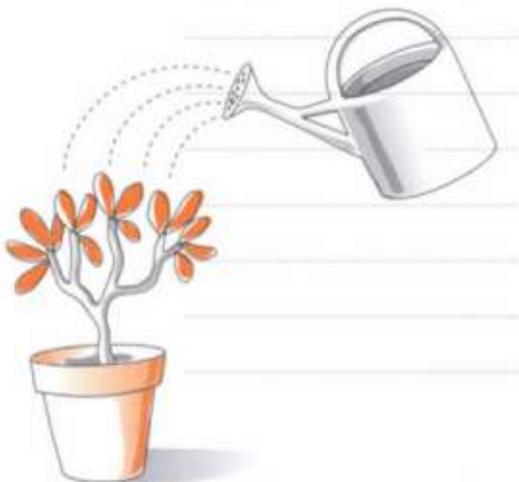
Chapitre n°2 | Activité n°7

Le jardin expérimental

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:

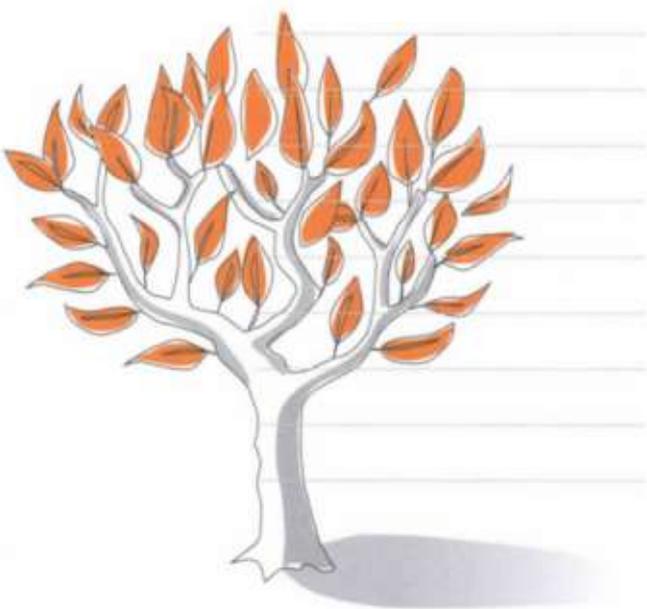


Quelles conclusions tirez-vous des expériences pratiques menées sur les végétaux dans le jardin, à partir des exercices de plantation en pépinière, de transplantation, de semis et de bouturage ?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité ?

Pouvez-vous le décrire ? Le dessiner ? Le peindre ?

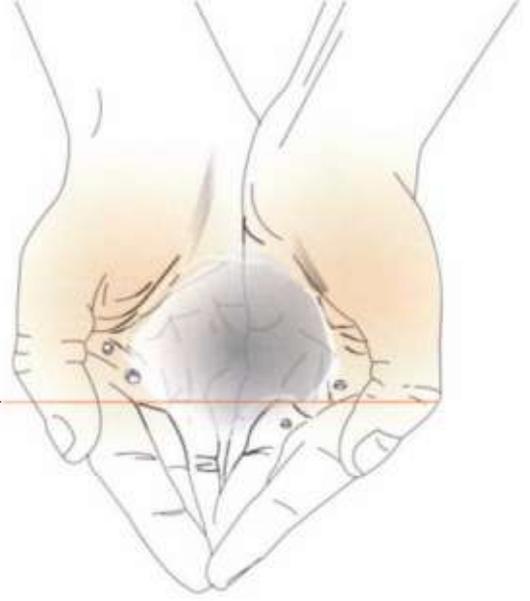
Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



à vos crayons!

Chapitre n°3 | Activité n°1

Poème de l'eau source de vie



Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

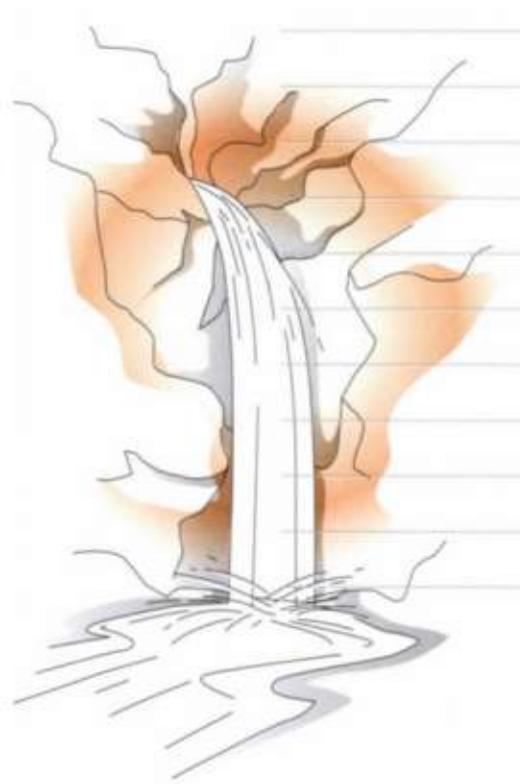
Racontez-la plus en détail:

Quelles images de l'eau résumant pour vous ses qualités rafraîchissantes, fertilisantes et purificatrices? Pouvez-vous les décrire et les représenter?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité?

Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Chapitre n°3 | Activité n°2**Peinture, liquidité et transparence:
l'eau et les sens**



Où et quand avez-vous réalisé l'activité?



Comment s'est-elle déroulée?



Racontez-la plus en détail:

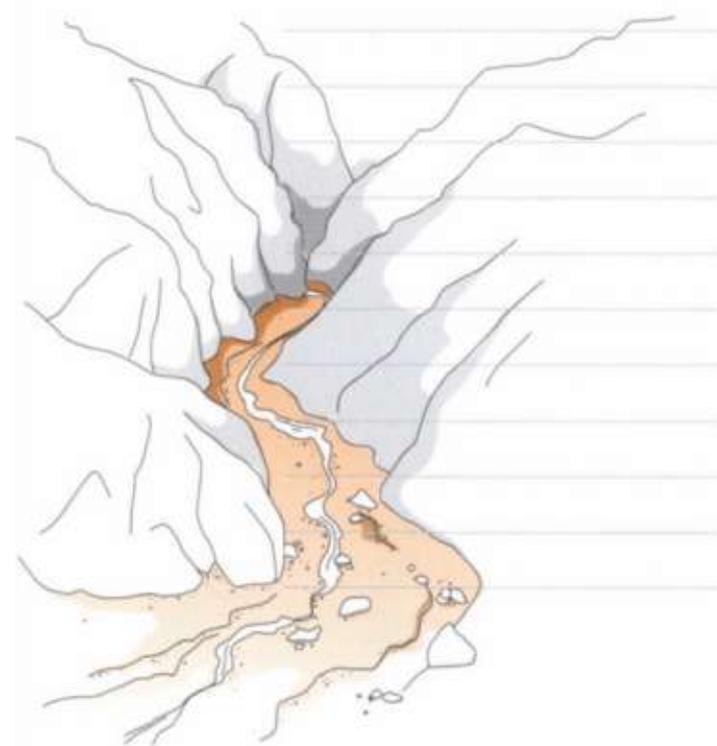


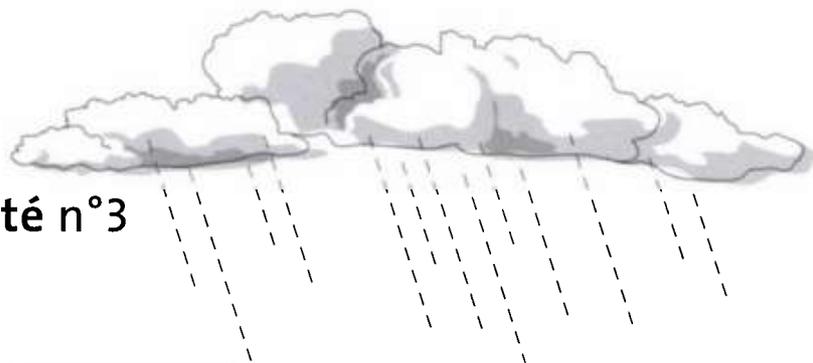
Quelles sont les traces engendrées par l'eau – sa fluidité, sa capacité de déplacement et son action érosive – dans la nature ?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité ?

Pouvez-vous le décrire ? Le dessiner ? Le peindre ?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...





Chapitre n°3 | Activité n°3

Le cycle de l'eau

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

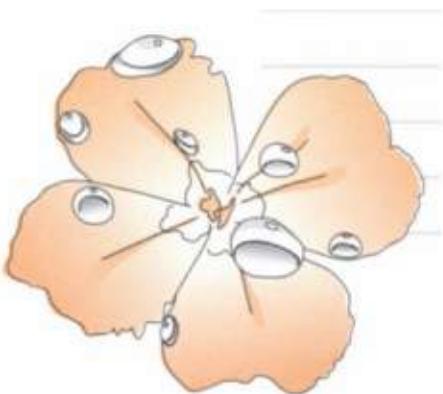
Racontez-la plus en détail:

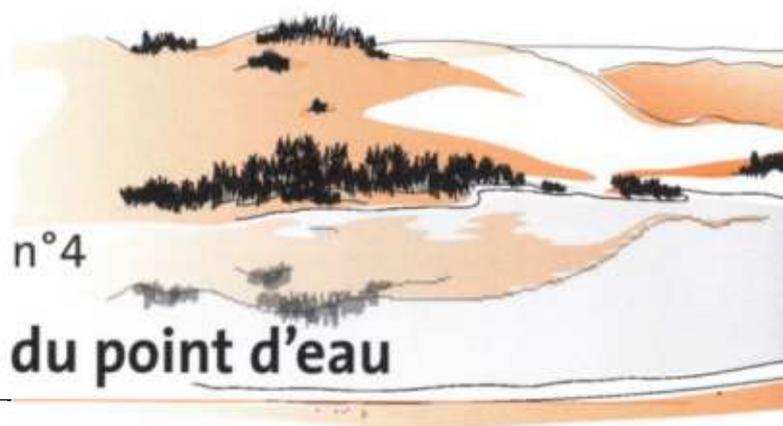
Pouvez-vous décrire les étapes successives du cycle de l'eau ?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqué lors de la réalisation de l'activité ?

Pouvez-vous le décrire ? Le dessiner ? Le peindre ?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...





Chapitre n°3 | Activité n°4

Le journal de poche du point d'eau

Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:

à vos crayons!

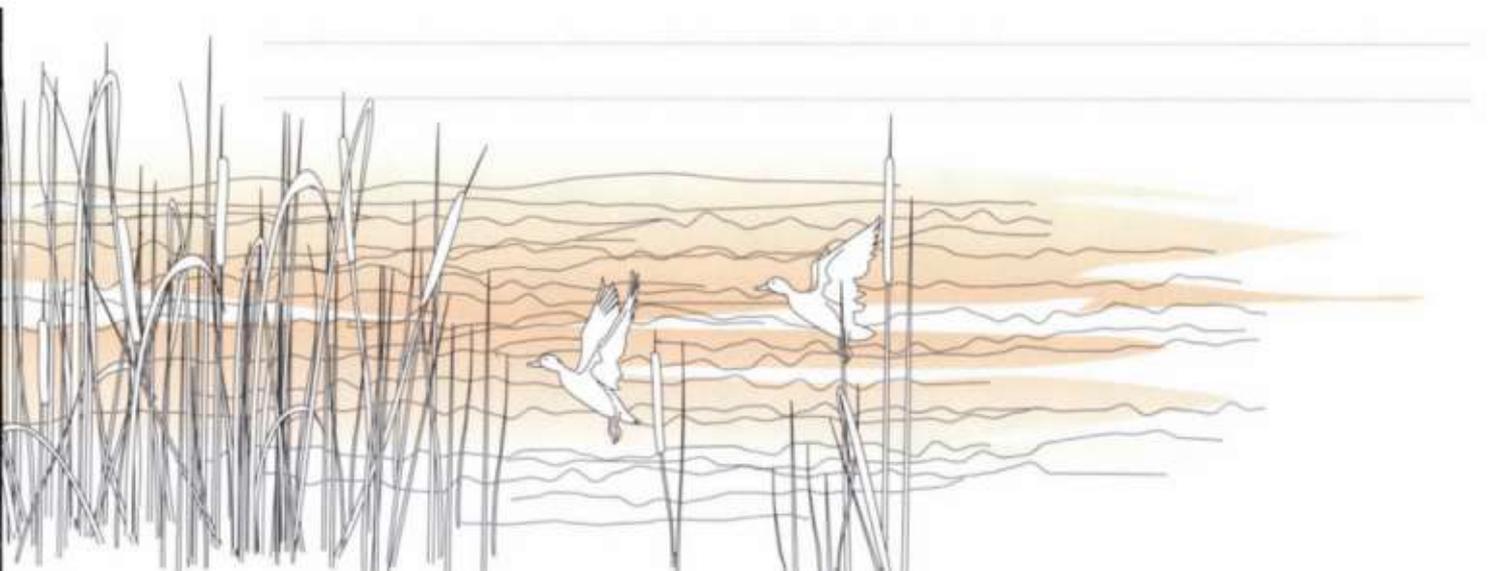


Pouvez-vous énumérer et illustrer par des exemples les fonctions écologiques et utilitaires remplies par un point d'eau superficielle (mare, guelta, torrent) que vous connaissez bien dans votre environnement?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqué lors de la réalisation de l'activité?

Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Chapitre n°3 | Activité n°5

**De l'eau propre pour le village:
carte et bande dessinée**



Où et quand avez-vous réalisé l'activité?

Comment s'est-elle déroulée?

Racontez-la plus en détail:

à vos crayons!

Quels sont les comportements de la population que l'on peut qualifier d'inappropriés ou de néfastes pour la gestion et l'entretien des ressources naturelles en eau?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité?

Pouvez-vous le décrire? Le dessiner? Le peindre?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



à vos crayons!

Chapitre n°3 | Activité n°6

Fresque en panneaux de l'hydraulique villageoise



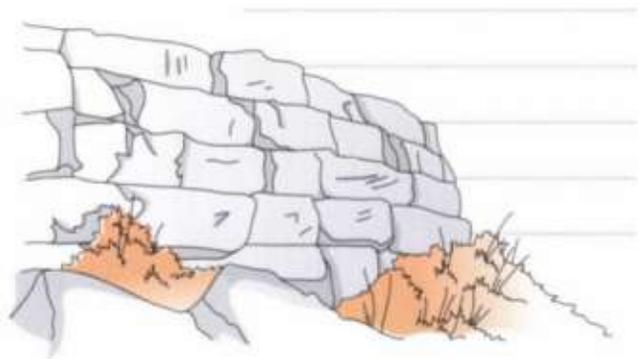
Où et quand avez-vous réalisé l'activité?



Comment s'est-elle déroulée?



Racontez-la plus en détail:

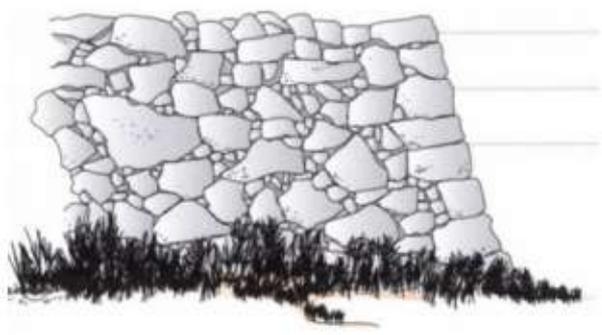


Qu'avez-vous particulièrement aimé en redécouvrant les techniques traditionnelles de collecte, de captage ou de transport des eaux superficielles ou souterraines ?

Quel est l'élément (ou l'objet) qui vous a le plus marqués lors de la réalisation de l'activité ?

Pouvez-vous le décrire ? Le dessiner ? Le peindre ?

Collez les photos prises éventuellement pendant l'exercice...



Notes et croquis

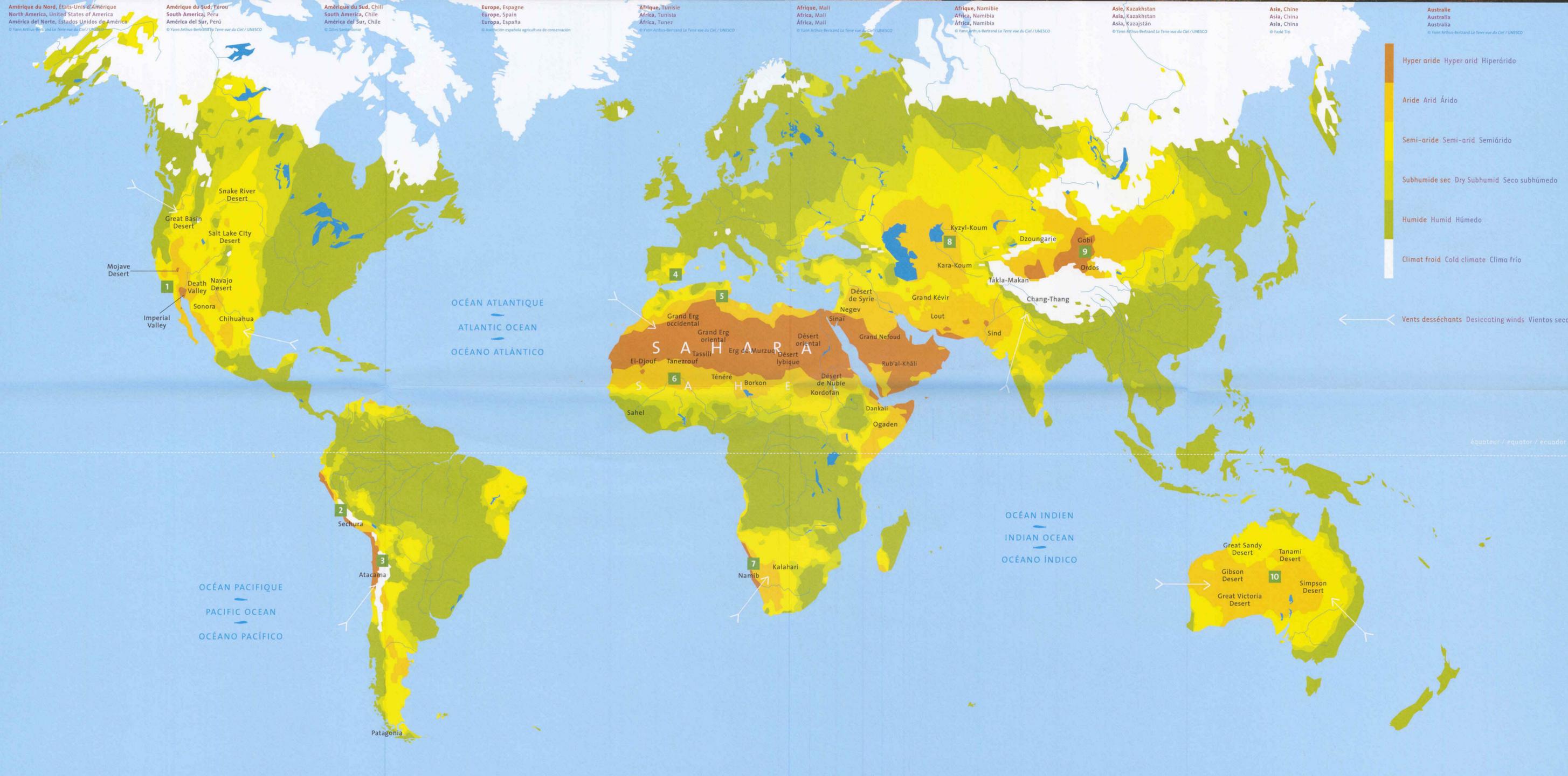
Noms des élèves de la classe



Organisation
des Nations Unies
pour l'éducation,
la science et la culture



Programme sur l'Homme
et la biosphère



Les zones sèches dans le monde · The world's drylands · Las zonas secas en el mundo · الأراضي الجافة في العالم

Ce poster fait partie du Kit pédagogique pour les pays situés en zones sèches publié par l'UNESCO.
 Le kit est disponible en quatre langues (anglais, arabe, espagnol, français) et il se compose de trois documents: le manuel de l'enseignant, élément central du kit, le cahier de la classe à l'attention des élèves et le poster présentant la carte des zones sèches dans le monde.

Responsable de la publication: Thomas Schaaf, UNESCO
Rédaction et conception du projet: Hélène Gilie
Conception graphique du poster: Atelier Takavor, Paris
Recherche iconographique: Amélie Dupuy, Cathy Lee
Impression: LM Graphie

Officer-in-charge: Thomas Schaaf, UNESCO
Editor and project designer: Hélène Gilie
Graphic design of the poster: Atelier Takavor, Paris
Iconographic research: Amélie Dupuy, Cathy Lee
Printed by: LM Graphie

© UNESCO 2007

Este póster forma parte del Material educativo para los países situados en zonas secas publicado por la UNESCO.
 El material está disponible en cuatro idiomas (arab, español, francés, inglés) y se compone de tres documentos: el manual del profesor, elemento central del material, el cuaderno de la clase dirigido a los alumnos y el póster presentando el mapa de las zonas secas en el mundo.

Responsable de la publicación: Thomas Schaaf, UNESCO
Redacción y concepción del proyecto: Hélène Gilie
Concepción gráfica del póster: Atelier Takavor, Paris
Investigación iconográfica: Amélie Dupuy, Cathy Lee
Impresión: LM Graphie

© UNESCO 2007

This poster is part of the Teaching resource kit for dryland countries published by UNESCO.
 The kit is available in four languages (Arabic, English, French and Spanish) and comprises three documents: the teacher's manual, the principal element of the kit, the class notebook for pupils' use, and the poster presenting the map of the world's drylands.

Officer-in-charge: Thomas Schaaf, UNESCO
Editor and project designer: Hélène Gilie
Graphic design of the poster: Atelier Takavor, Paris
Iconographic research: Amélie Dupuy, Cathy Lee
Printed by: LM Graphie

© UNESCO 2007

Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
 Programme sur l'Homme et la biosphère
 Ecoles associées de l'UNESCO
 YDD (YOUTH DRYLANDS DEVELOPMENT)