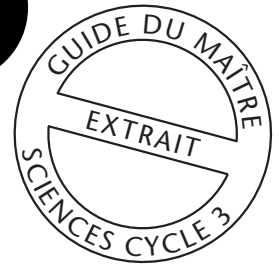


# États et changements d'états de l'eau

# 1



## Liens avec les programmes

### Compétences générales

Compétences devant être acquises en fin de cycle*	Enquête				
	1	2	3	4	5
Imaginer et réaliser un dispositif expérimental susceptible de répondre aux questions que l'on se pose (p. 248).	x	x			
Utiliser des instruments d'observation et de mesure (p. 248).	x	x	x		
Connaître et utiliser les unités légales (p. 240).		x	x		
Mettre en relation des données, en faire une représentation et l'interpréter (p. 248).		x		x	
Recommencer une expérience en ne modifiant qu'un seul facteur par rapport à l'expérience précédente (p. 248).				x	x
Mettre en relation des observations réalisées en classe et des savoirs que l'on trouve dans une documentation (p. 248).		x	x		
Rédiger un compte-rendu intégrant schéma d'expérience ou dessin d'observation (p. 248).			x		x
Distinguer les grandes périodes historiques [...], connaître [...] quelques productions techniques... (p. 215)		x			

(\*) Extraites de : *Qu'apprend-on à l'école élémentaire ? Les nouveaux programmes*, CNDP/XO Éditions, Paris, 2002.

### Compétences spécifiques

Compétences devant être acquises en fin de cycle*	Enquête					Encyclopédie
	1	2	3	4	5	
Plan horizontal, verticale : intérêt de quelques dispositifs techniques (p. 13).	x					
<b>Fusion, solidification.</b> Le mélange intime de glace et d'eau à l'état liquide est à zéro degré (0° C) [p. 11].		x				
La masse se conserve au cours de cette transformation (p. 11).						x
<b>Ébullition.</b> [...] l'eau bout à une température fixe, voisine de cent degrés (100 °C). Sa valeur n'est affectée ni par la durée du chauffage, ni par la puissance de la source (p. 11).		x				
<b>État gazeux.</b> La vapeur d'eau présente dans l'air ambiant, état gazeux de l'eau, est imperceptible à nos sens (p. 12).					x	
<b>Évaporation, condensation.</b> Au cours de l'évaporation (ou de la condensation) l'eau ne disparaît pas (ou n'apparaît pas) [p. 12].			x		x	
Facteurs agissant sur la vitesse d'évaporation (p. 12).				x		

(\*) Extraites de : *Documents d'application des programmes. Sciences et technologie, cycle 3*, CNDP, Paris, 2002.

## 👁️ Précisions scientifiques

### Horizontalité, verticalité

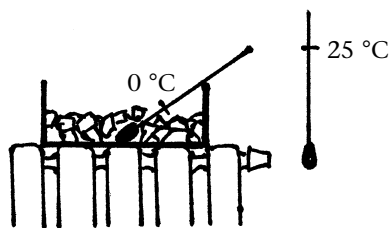
Ces deux notions ne présentent pas de difficultés tant qu'on reste au voisinage de la Terre. La verticale est indiquée par la direction du fil à plomb, le plan horizontal par la surface libre d'un liquide au repos.

### Fusion, solidification

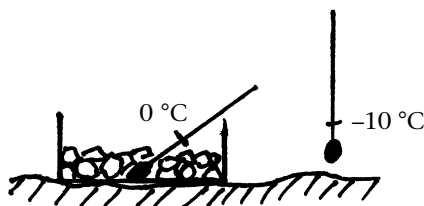
- Quand l'eau est à l'état liquide, sa température est supérieure à 0 °C.
- Quand l'eau est à l'état solide (glace), sa température est inférieure à 0 °C.
- Le mélange de glace et d'eau (→ *Conseil expérimental 1*) à l'état liquide ne peut exister, de manière durable, qu'à une seule température qui ne dépend pas de la température de l'environnement et qui a été fixée, par convention, égale à 0 °C.

#### Conseil expérimental (1)

- Piler la glace en l'emprisonnant dans un linge et en l'écrasant avec un marteau.
- En prendre une assez bonne quantité (un bol). Ne pas ajouter d'eau : celle qui provient de la fusion suffit.
- Attention : les thermomètres domestiques ou ceux qui sont achetés chez les fournisseurs de matériel scolaire sont rarement justes. Il faut s'attendre à 1 °C, voire 2 °C d'écart. Pour pallier cet inconvénient, le maître peut réaliser l'expérience auparavant et sélectionner les thermomètres qui sont justes.



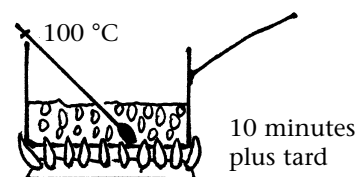
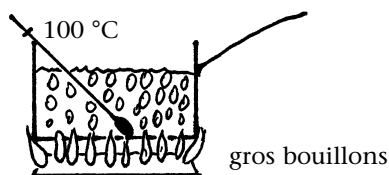
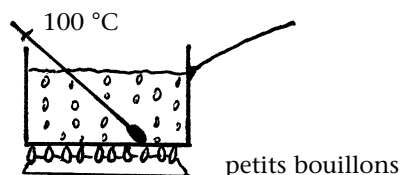
Si la température extérieure est supérieure à 0 °C, la glace est en train de fondre.



Si la température extérieure est inférieure à 0 °C, l'eau est en train de se solidifier.

## Ébullition

- L'ébullition de l'eau s'effectue à une température constante qui ne dépend ni de la durée du chauffage, ni de sa puissance.



- La température d'ébullition dépend toutefois de la présence de corps dissous dans l'eau et de la pression atmosphérique\*.
- La température d'ébullition de l'eau pure, à la pression atmosphérique normale (1013 hPa), a été fixée, par convention, égale à 100 °C (→ *Conseil expérimental 2*).

#### Conseil expérimental (2)

Il est très difficile, au cours d'une expérience faite à l'école, d'obtenir une température d'ébullition de 100 °C à cause de l'altitude éventuelle de l'école, de la présence de sels minéraux dans l'eau et, surtout, de la qualité des thermomètres.

Pour s'en approcher, prendre une assez grande quantité d'eau (dans une casserole) et mettre un couvercle qui ne laissera passer que la tige du thermomètre.

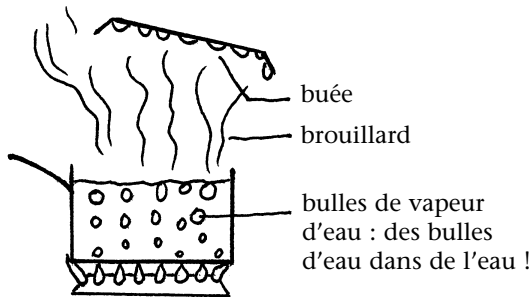
Rappelons toutefois que la formulation des programmes est prudente « l'eau bout à une température fixe, voisine de cent degrés (100 °C) ».

(\*) La pression atmosphérique s'exprime en hPa (hectopascal). Elle dépend de la situation météorologique (anticyclones, dépressions) et de l'altitude. C'est cette dernière variable qui explique des écarts pouvant atteindre plusieurs degrés entre le bord de mer et des villages de montagne.

### Distinction entre ébullition et évaporation

Dans les deux cas, l'eau passe de l'état liquide à l'état gazeux.

- Au cours d'une **ébullition**, le changement d'état est rapide ; il s'effectue dans tout le volume du liquide et à une température constante. Les bulles, visibles à l'intérieur du liquide, sont des bulles de vapeur d'eau et non des bulles d'air.



- Au cours d'une **évaporation**, le changement d'état s'effectue lentement et en surface. Il ne s'effectue pas à température constante (l'eau s'évapore aussi bien à 5 °C qu'à 30 °C).

### État gazeux de l'eau : vapeur d'eau

La **vapeur d'eau** est l'état gazeux de l'eau. Elle est **incolor**, **inodore**, **invisible**, imperceptible...

Bien qu'on ne la voit pas, il y a toujours de la vapeur d'eau dans l'air. On ne peut la mettre en évidence qu'indirectement, en la condensant, c'est-à-dire en la transformant en buée (état liquide).

On confond souvent vapeur d'eau, brouillard, buée et fumées (→ *dessin ci-dessus*).

- **Brouillard** : minuscules gouttelettes d'eau à l'état **liquide**, en suspension dans l'air.
- **Buée** : gouttes d'eau à l'état **liquide** déposées par condensation sur une surface (vitre, sac en plastique...).

- **Fumées** (scientifiquement ce terme ne s'emploie qu'au pluriel) : fines particules solides (cendre, carbone...) en suspension dans l'air. Les fumées n'ont rien à voir dans les changements d'état de l'eau.

### Vitesse d'évaporation

Elle dépend de la température, de la surface en contact avec l'air ambiant et de l'aération du lieu où s'effectue l'évaporation.

### 👁 Difficultés liées aux modes de pensée d'un enfant de cycle 3

Sur l'ensemble de ces cinq enquêtes, l'enseignant peut s'attendre à être confronté à deux difficultés significatives.

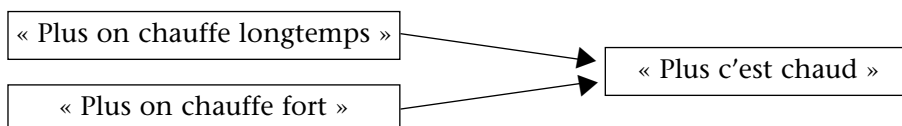
### La stabilité des températures de fusion/solidification et d'ébullition

Le fait que ces températures ne changent pas, quelle que soit la température de l'environnement, est contraire aux modes de raisonnement spontanés des enfants, mais aussi des adultes. Voyons cela sur deux exemples.

- Un plat très chaud, sortant du four, se refroidit régulièrement lorsqu'on le laisse quelque temps à la température ambiante. De même, une boisson sortant du réfrigérateur se réchauffe peu à peu au contact de l'air environnant.

- Au printemps et en été, le Soleil se met à réchauffer l'océan, la mer ou tout autre lieu de baignade. L'eau se réchauffera d'autant plus qu'il y aura de longues périodes de temps chaud.

À travers de très nombreuses expériences quotidiennes, les élèves ont construit implicitement des raisonnements de cause à effet qu'on peut résumer ainsi :



C'est d'une logique à toute épreuve ! Pourtant, la matière ne se comporte plus ainsi lorsqu'elle change d'état. **La connaissance de la stabilité des températures de changement d'état devra donc se construire contre les raisonnements spontanés** et on doit s'attendre à quelques difficultés.

### **L'existence de la vapeur d'eau**

Une caractéristique de la pensée de l'enfant est qu'elle se développe en prenant largement appui sur les perceptions. En conséquence, tout apprentissage qui ne pourra pas s'y appuyer se heurtera nécessairement à des difficultés.

Pour conceptualiser les gaz, la première étape est de se persuader de l'existence et de la matérialité de l'air. Cela se fait en partie en cycle 2 en prenant appui sur le fait qu'il est perceptible lorsqu'il est en mouvement. L'apprentissage est consolidé en cycle 3 (→ *chapitre 2*).

Comprendre l'existence de la vapeur d'eau est une étape supplémentaire, plus difficile, car aucun sens ne permet de la détecter. C'est ce qui explique la confusion signalée dans les précisions scientifiques entre « vapeur d'eau » et « buée » ou « brouillard », confusion qui demeure largement à l'âge adulte.

### **Idées pour organiser son enseignement**

#### **Conseils pour mieux tenir compte des difficultés repérées**

- La stabilité des températures de changement d'état se constate expérimentalement. Mais, à elle seule, l'expérimentation ne suffit pas, particulièrement lorsque des conceptions solides sont en jeu. Dans le cas qui nous occupe, la phase de questionnement et d'anticipation est primordiale (→ « *À quoi faut-il penser avant de faire une expérience ?* »).

– Que se passerait-il si la glace pilée était posée sur le radiateur ?

– Obtiendrait-on la même température à l'extérieur, une journée d'hiver ?

Les élèves doivent s'engager dans ces questions dont on ne peut pas faire l'économie. Cela les conduira à mettre leur logique au

grand jour : « puisque sur le radiateur il fait plus chaud, la température de la glace pilée devrait être plus élevée ».

#### **À quoi faut-il penser avant de faire une expérience ?**


L'expérience, pour être efficace, doit présenter un certain nombre de caractéristiques.

- Elle doit être menée comme une réponse à une question que les élèves se sont préalablement posée.

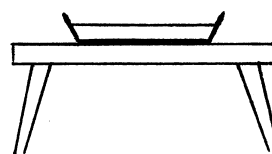
- Les élèves doivent donc avoir eu un temps suffisant pour réfléchir. Une réponse (même expérimentale) intervenant trop rapidement, à un moment où l'on n'a pas eu le temps de se faire soi-même une idée, a peu de chance de conduire à une nouvelle connaissance.

- Ils doivent formuler des hypothèses, puis, si possible, concevoir les moyens de les vérifier.

- Enfin, ils doivent anticiper, c'est-à-dire réfléchir au résultat attendu, non sous la forme d'un pari (« je pense qu'on va obtenir ceci »), mais d'un raisonnement (« s'il se passe ceci, cela prouvera que... ; si, au contraire, il se passe cela, alors ça prouvera que... »). C'est l'imbrication étroite entre l'expérience et la réflexion qui est l'une des clés de l'accès au savoir.

 pp. 6-7

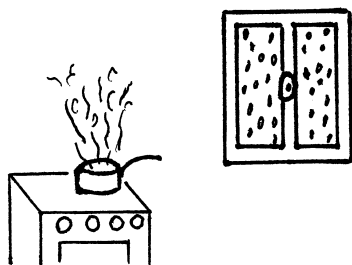
- La compréhension de l'existence de la vapeur d'eau nécessite également une approche expérimentale, mais aussi la mise en cohérence de plusieurs situations.



*De l'eau s'évapore : elle semble disparaître...*



*De la buée se dépose sur un verre froid : elle semble apparaître.*



De l'eau est en train de bouillir. Simultanément, de la buée apparaît sur les vitres.

Dans un cas, l'eau semble disparaître. Dans un autre, elle semble apparaître. Dans le troisième cas, l'eau disparaît d'un lieu et réapparaît en un autre lieu.

Ces expériences peuvent fonder l'idée selon laquelle l'eau existe dans un état invisible... Mais elles n'apportent aucune preuve. Si l'on croit en une certaine forme de génération spontanée ou d'alchimie, toutes ces expériences peuvent s'interpréter par des disparitions ou des apparitions. La conservation de la matière ne se démontre pas, elle se postule.

Heureusement, au cycle 3, rares sont les élèves qui se satisfont de disparitions ou d'apparitions pures et simples. On peut souvent s'appuyer sur ce qu'ils savent déjà et sur leur aptitude à généraliser la conservation de la matière qu'ils maîtrisent de mieux en mieux dans des champs expérimentaux de plus en plus larges.

En complément, il est utile de travailler sur des situations dans lesquelles les élèves comprennent plus aisément que la matière peut exister même si elle n'est pas visible. Nous proposons cette réflexion dans la

conclusion de l'enquête 10 (sel dissous dans l'eau et vapeurs d'eau de Cologne). L'analyse de ces exemples, où la perception (autre que la vision) est encore un appui, peut conduire à étendre l'analogie : la vapeur d'eau ne se voit pas et ne se sent pas ; pourtant elle n'a pas disparu : elle s'est mélangée à l'air.

La progression, dans l'apprentissage du concept de matière, pourrait suivre la logique suivante.

État solide, état liquide : la compréhension prend directement appui sur la vision et sur le toucher.

L'air, le sel dissous, les vapeurs d'eau de Cologne : la vision n'est plus un appui, mais d'autres sens le sont (goût, odorat).

La vapeur d'eau (et, plus tard, d'autres gaz) : plus aucun sens n'est un appui ; la conceptualisation est purement intellectuelle.

### Idées de répartition

Nous faisons deux propositions qui tiennent compte des difficultés des différentes parties des enquêtes.

- Dans la première, nous rapprochons les enquêtes 35 et 3 qui relèvent d'une thématique commune.

	CE2	CM1	CM2
Horizontale, verticale			Intérêt de quelques dispositifs techniques. → <i>Enquête 1</i>
Fusion, solidification, ébullition	Exploitation de relevés météorologiques, état de l'eau selon la température. → <i>Enquête 2, p. 13, §1</i>	Stabilité des températures de fusion/solidification et d'ébullition. → <i>Enquête 2</i>	
Évaporation, vapeur d'eau	Apport des aliments. → <i>Enquête 35</i> L'eau dans les aliments. → <i>Enquête 3</i>	Facteurs agissant sur la vitesse d'évaporation. → <i>Enquête 4</i>	La vapeur d'eau, sa présence dans l'air. → <i>Enquête 5</i>

- Dans la seconde, nous traitons au cours d'une même année les enquêtes 3 et 5 (D'où vient l'eau des nuages ?) qui mettent en jeu les mêmes concepts.

	CE2	CM1	CM2
<b>Horizontale, verticale</b>		Intérêt de quelques dispositifs techniques. → <i>Enquête 1</i>	
<b>Fusion, solidification, ébullition</b>	Exploitation de relevés météorologiques, état de l'eau selon la température. → <i>Enquête 2, p. 13, §1</i>	Stabilité des températures de fusion/solidification et d'ébullition. → <i>Enquête 2</i>	
<b>Évaporation, vapeur d'eau</b>	Facteurs agissant sur la vitesse d'évaporation. → <i>Enquête 4</i>		L'eau dans les aliments. → <i>Enquête 3</i> La vapeur d'eau, sa présence dans l'air. → <i>Enquête 5</i>

## Références complémentaires

Plé E., « Transformations de la matière à l'école élémentaire : des dispositifs flexibles pour franchir les obstacles », *ASTER*, 1997, n° 24.

Rolando J.-M., « Comment construire la matérialité des gaz à l'école ? », site Internet de La Main à la pâte®, 2000.

## Coup d'œil sur chaque enquête

Matériel	Enquête	Matériel spécifique nécessaire
	1	Niveaux à bulle (à emprunter).
	2	Thermomètres de laboratoire* – 10 °C, + 110°C (une douzaine pour une classe). Glace (à transporter dans un sac isotherme si l'école n'a pas de congélateur). Plaque électrique (à emprunter).
	3	Verres doseurs (à emprunter). Un spot ou une bonne lampe de bureau (lampe d'architecte) si les activités ne peuvent se faire au soleil.
	4	Filtres à café.
	5	Présence souhaitable d'un réfrigérateur. Sinon, activités à mener en hiver.

(\* Chez les fournisseurs de matériel scolaire. Tout le reste du matériel est à récupérer (récipients variés, ficelle, sacs en plastique...).

## Comment a-t-on gradué les premiers thermomètres ? 2

📖 p. 12-13

Une activité sensorielle vise à prendre conscience de l'insuffisance des sens pour mesurer une température (document 1). Elle est complétée par une approche historique (document 2) expliquant les difficultés rencontrées par les scientifiques pour construire une échelle de température. Le principe repose sur la stabilité des **températures de fusion/solidification** (0 °C) et **d'ébullition** (100 °C) de l'eau pure. Cela donne lieu aux activités expérimentales des paragraphes 1, 2 et 3 de la page 13.

### Les clés de l'enquête

Elles se situent dans les paragraphes 2 et 3 de la page 13 lorsqu'on montre expérimentalement que les températures de fusion/solidification et d'ébullition de l'eau pure ne dépendent pas des conditions expérimentales.

Rappelons l'importance de la phase d'anticipation qui doit précéder l'expérimentation (→ « À quoi faut-il penser avant de faire une expérience ? », p. 4).

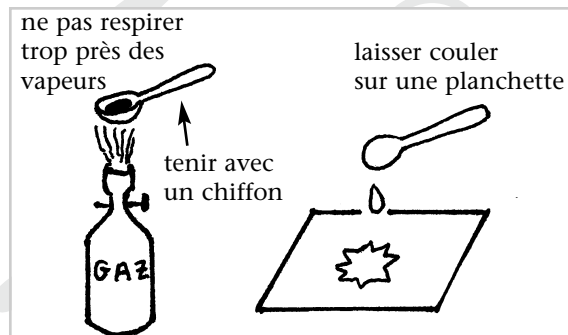
Ces deux paragraphes appellent un déroulement similaire (organisation possible : deux séances de 1 heure).

- *Séance 1* : poser le problème ; laisser les élèves formuler leurs connaissances éventuelles ; résoudre le problème expérimentalement.
- *Séance 2* : poser la question des conditions expérimentales ; demander aux élèves de donner leur avis, par groupes, en le justifiant ; vérifier expérimentalement ; relire le document 2 et le mettre en relation avec les expériences réalisées.

### Pour prolonger...

#### Les autres substances et les changements d'état

- Tous les corps purs changent d'état. Le beurre ou le chocolat pris parfois comme illustration ne sont pas de bons exemples car ils ne sont pas purs. En revanche, le maître peut montrer aux élèves le changement d'état de la paraffine (bougie) et de la soudure d'électricien. Ce dernier exemple est intéressant, car il permet d'observer facilement un métal à l'état liquide.



- Ne pas chercher à montrer l'ébullition d'un liquide autre que l'eau, les expériences sont trop dangereuses.

#### Activités sensorielles

De nombreuses pistes figurent sur le site Internet de la Savoie :

[www.ac-grenoble.fr/savoie/Disciplines/Sciences/Index.htm](http://www.ac-grenoble.fr/savoie/Disciplines/Sciences/Index.htm)

#### Compléments historiques

- Constituer une frise chronologique de l'évolution des sciences et des techniques, à compléter au fil des enquêtes. Prévoir comme dates extrêmes de 2500 ans av J.-C. (construction des premières pyramides) à nos jours (centrales de production d'énergie électrique).
- Mener une recherche documentaire sur Lavoisier (1743-1794) qui a généralisé la conservation de la matière quelles que soient les transformations qu'elle subit.

## Autres propriétés du changement d'état

- La masse se conserve. On le montre en pesant des glaçons avant et après leur fusion. **Attention : pour réussir l'expérience**, il faut essayer la buée qui se forme à l'extérieur du bocal (→ fusion dans la mini-encyclopédie du manuel).
- Le volume ne se conserve pas. Il augmente lors de la solidification. L'eau est un cas particulier. Les autres substances ont un volume qui diminue (le creux au centre des bougies).
- Puisque la masse ne change pas et que le volume augmente, la masse volumique de l'eau diminue lorsqu'elle gèle. C'est ce qui explique que les glaçons flottent.

## Comment savoir s'il y a de l'eau dans les aliments ? 3

📖 p. 14-15

*Cette enquête se déroule en deux temps.*

- Le premier consiste à engager les élèves dans la mesure de la quantité de boissons qu'ils consomment chaque jour et de confronter le résultat trouvé à des données scientifiques. En constatant le déficit, on peut formuler l'hypothèse qu'il y a sans doute de l'eau dans les aliments (📖 p. 14).
- Dans un second temps, les élèves mettent en œuvre une méthode pour le montrer expérimentalement. Il s'agit d'enfermer les aliments dans un sac en plastique qui se recouvre intérieurement de buée (documents 4 et 5).

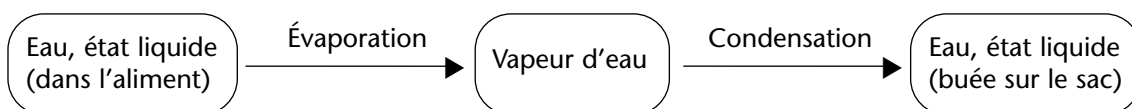
*Cette enquête vise donc trois objectifs complémentaires :*

- savoir que les besoins en eau de l'organisme sont satisfaits en partie grâce aux aliments ;
- être capable de le mettre en évidence expérimentalement ;
- interpréter les transformations qui se produisent : évaporation et condensation de l'eau.

### Les clés de l'enquête

Conclure l'enquête en constatant que tous les aliments ou presque contiennent de l'eau ne suffit pas. L'interprétation est importante et justifie plus qu'une simple synthèse menée par l'enseignant en oral collectif. Nous proposons le déroulement suivant (→ « *Comment rendre les élèves actifs lors d'une synthèse ?* », p. 200).

- 1 Les élèves cherchent et lisent les articles évaporation, condensation et vapeur d'eau de l'encyclopédie.
- 2 Par groupes, ils rédigent au brouillon une phrase qui explique le trajet de l'eau depuis les aliments jusque sur le sac en plastique. Ils doivent utiliser ces trois expressions ou les verbes associés (s'évaporer, se condenser).
- 3 L'enseignant recopie au tableau les phrases produites par chaque groupe. À partir de celles-ci, la classe élabore collectivement la synthèse finale, en s'inspirant des meilleures formulations.
- 4 Les élèves recopient « l'explication de la classe » dans leur cahier de sciences. Un dernier schéma de synthèse, produit par l'enseignant, peut venir la compléter.



Retrouvez la suite de cette enquête dans le *Guide du maître* (parution : juin 2003).