



# Concevoir des programmes de numératie efficaces dans les pays à revenu faible et intermédiaire

## Introduction

Le calcul a reçu une attention limitée dans les discussions sur la qualité de l'école dans les premières années, malgré les preuves que de solides compétences précoces en mathématiques ne prédisent pas seulement la réussite scolaire ultérieure<sup>1</sup> mais peut également prédire les compétences en écriture,<sup>2</sup> plaidant en faveur d'un temps égal consacré aux compétences en mathématiques et en littérature dès le début.<sup>3</sup> La réussite précoce en mathématiques est liée aux résultats ultérieurs de la vie, y compris l'obtention du diplôme d'études secondaires et le potentiel de gain.<sup>4</sup> Avec l'augmentation de la technologie et des carrières liées aux STEM, et le besoin de solides compétences en interprétation des données et en résolution de problèmes, avoir une solide base mathématique précoce a plus que jamais des implications pour les carrières du 21<sup>e</sup> siècle. [ 1 ]

## OBJECTIF

Dans ce guide, nous proposons des suggestions aux décideurs politiques, aux bailleurs de fond et aux responsables de la mise en œuvre sur la manière de concevoir et de gérer efficacement le calcul de base à grande échelle. Nous présentons des données probantes provenant de pays à revenu élevé et de pays à revenu faible et intermédiaire (PRITI), lorsqu'elles sont disponibles et pertinentes, et discutons des solutions potentielles aux défis dans trois domaines : programmes et normes, enseignants et enseignement, et matériels d'enseignement et d'apprentissage. Le guide se termine par une discussion des domaines dans lesquels des recherches supplémentaires sont nécessaires.

## IMPORTANCE DU CALCUL ET D'UN DÉBUT ANTICIPÉ

Les humains naissent avec un sens inné nombreux, et les compétences fondamentales en calcul des jeunes enfants sont développées davantage lorsqu'ils interagissent avec les aidants, les objets du quotidien et leur environnement.<sup>5</sup> Lorsque les enfants entrent à l'école, ils commencent à formaliser les connaissances mathématiques informelles qu'ils ont développées depuis la naissance. Par exemple, ils apprennent que les bâtons qu'ils comptent et avec lesquels ils jouent peuvent être représentés par des symboles écrits tels que « 3 » et « 5 », et que l'assemblage d'objets s'appelle l'addition et est associé au symbole « + ». Débuter le parcours des enfants en mathématiques tôt, en commençant à la naissance, en continuant jusqu'à la maternelle, et avec une attention suffisante dans les premières années, peut combler les écarts de réussite entre les enfants de différents milieux socioéconomiques<sup>6</sup> et donner le temps de maîtriser des domaines fondamentaux comme le comptage et la reconnaissance des nombres, principes qui ont démontré leur impact sur le succès ultérieur en mathématiques.<sup>7</sup> Le fait de commencer tôt l'enseignement des mathématiques favorise également des attitudes positives à l'égard des mathématiques, ce que la recherche a démontré améliorer les résultats à l'école primaire et au-delà.<sup>8</sup> De plus, la recherche montre que les enfants qui

## DÉFINITIONS CLÉS

**Numératie** : les connaissances, les compétences, les comportements et les dispositions dont les élèves ont besoin pour utiliser les mathématiques dans un large éventail de situations.

**Connaissance conceptuelle** : la compréhension des concepts, des opérations et des relations mathématiques.

**Fluidité procédurale** : capacité à appliquer les procédures avec précision, efficacité et souplesse.

**Compétences de processus** : processus que les élèves utilisent pour développer et appliquer leurs compétences en mathématiques, y compris la résolution de problèmes, l'utilisation du raisonnement et de la preuve, la communication claire d'idées, l'établissement de liens entre différents concepts et l'utilisation de modèles pour représenter des idées ou des concepts mathématiques.

**Sens des nombres** : la capacité de penser de manière flexible et fluide aux nombres, y compris de les séparer et de les assembler de différentes manières, de calculer mentalement et de relier les nombres à des problèmes de la vie réelle.

**Manipulatifs** : objets physiques qui peuvent être déplacés et touchés, qui sont utilisés de manière à ce qu'un apprenant puisse percevoir un concept mathématique en les manipulant. Les exemples incluent des compteurs, des bâtons, des formes géométriques, etc.



ont des difficultés avec les compétences fondamentales en mathématiques ont tendance à prendre du retard et à avoir du mal à rattraper leur retard,<sup>9</sup> soulignant l'importance de développer une base solide dès le début. **Commencer plus tôt les filles dans leur parcours en mathématiques et les exposer à des carrières qui nécessitent des mathématiques, comme l'ingénierie et la médecine, peuvent avoir des impacts durables jusqu'à l'âge adulte ; a le potentiel de combler l'écart de rémunération entre les sexes ; et aide à réduire les inégalités entre les garçons et les filles.**<sup>10</sup>

## ÉTAT DES RÉSULTATS EN CALCUL DANS LES PRITI

La priorisation des compétences en littératie dans les PRITI s'est traduite par une pénurie de recherche sur les mathématiques des premières années de scolarité dans les PRFM. Parmi les preuves limitées qui existent, une grande partie se concentre sur l'évaluation des résultats d'apprentissage et les progrès des enfants dans l'acquisition des compétences fondamentales. Les données ne sont pas encourageantes et suggèrent que les enfants ne maîtrisent pas les compétences de base nécessaires au développement de concepts mathématiques plus complexes.

- Les tendances de l'évaluation des mathématiques dans les premières années du Ghana en 2013 et 2015 montrent que les élèves réussissent mal au-delà des éléments le plus procéduraux et de rappel (identification des nombres et simples additions/soustractions).<sup>11</sup>
- Dans un district de la province du Punjab, au Pakistan, le People Action Network a utilisé l'outil International Common Assessment of Numeracy pour évaluer les élèves de la 2e à la 3e année. Seuls 32,2 % de ces élèves ont été capables d'effectuer un ensemble de tâches fondamentales de calcul (une tâche sur l'orientation spatiale, la reconnaissance des formes, la mesure et la reconnaissance des nombres, ainsi qu'au moins trois opérations numériques simples).<sup>12</sup>
- En Tanzanie, en 2013, seuls 7,9 % des élèves de deuxième année atteignaient le critère d'addition et de soustraction à la fin de l'année scolaire, les filles étant à la traîne des garçons (7,3 % contre 8,5 %).<sup>13</sup>
- Selon le SACMEQ III mené en 2007 dans 15 pays d'Afrique subsaharienne, 31 % des élèves de sixième année sont classés comme innumérate ; en Zambie, cette proportion monte à 67,3 %.<sup>14</sup>

## CALCUL ET GENRE

Les résultats des évaluations en mathématiques pour les filles et les garçons dans les premières années montrent qu'ils réussissent aussi bien du jardin d'enfants à la deuxième année. Cependant, à partir de la troisième année, les garçons surpassent les filles en mathématiques dans de nombreux pays.<sup>15</sup> Alors que les élèves entrent dans les classes supérieures, la tendance se poursuit. Par exemple, le rapport annuel sur l'état de l'éducation de Pratham de 2018 montre que les garçons âgés de 14 à 16 ans surpassent les filles dans les compétences de division de base.<sup>16</sup> Ces résultats n'indiquent pas que les garçons sont mieux adaptés aux mathématiques que les filles. Au lieu de cela, les stéréotypes sexistes présentant les mathématiques comme une matière pour les garçons, ainsi que les attitudes des enseignants sur qui peut et ne peut pas faire de mathématiques, sont liés aux attitudes et à la motivation des filles envers les mathématiques.<sup>17</sup> Ces stéréotypes et normes fonctionnent particulièrement forts dans les PRFM, où les filles sont souvent traitées différemment et où les enseignants et les parents ont des attentes moins élevées à l'égard des filles que de leurs pairs masculins.<sup>18</sup>

# Programme d'études et normes

## ZONES DE CONTENU

Des recherches récentes sur des programmes de mathématiques efficaces pour les jeunes enfants ont révélé que consacrer du temps aux domaines de contenu et aux activités de base peut améliorer l'apprentissage des mathématiques au paravant et au début de l'école élémentaire.<sup>19</sup> Dans le monde entier, les programmes de mathématiques précoces se concentrent sur cinq domaines de connaissances mathématiques (voir tableau 1), bien qu'ils puissent être organisés différemment d'un pays à l'autre. Le Global Proficiency Framework (GPF) for Mathematics - un effort conjoint entre les bailleurs de fonds, les premiers experts en mathématiques et la communauté internationale du développement - définit les niveaux de compétence minimaux que les élèves sont censés atteindre à la fin de la 1re à la 9e année dans ces cinq domaines. La maîtrise des compétences et des concepts au sein de ces domaines de contenu représente l'ensemble des connaissances nécessaires pour être en mesure d'appliquer de manière flexible les mathématiques pour résoudre les problèmes rencontrés dans la vie quotidienne et dans la scolarité ultérieure. Compte tenu de cela, **le GPF peut servir d'outil utile pour les pays qui révisent leur programme, car il établit un niveau de compétence minimum partagé pour les compétences et les concepts en mathématiques.**


**TABLEAU 1. Domaines et construits mathématiques à l'école primaire**

Domaines	Constructions
<b>Nombre et opérations</b>	nombres entiers ; fractions ; décimales ; opérations ; problèmes du monde réel ; utilisation des arrondis et des estimations pour résoudre des problèmes et vérifier les réponses
<b>La mesure</b>	Longueur, capacité, volume, superficie, périmètre ; temps; devise, utiliser une estimation
<b>Statistiques et probabilité</b>	Gestion de données; hasard et probabilité
<b>Géométrie et raisonnement spatial</b>	Propriétés des formes et figures ; constructions ; positionnement et direction
<b>Algèbre</b>	Motifs; relations et fonctions; variation (rapport, proportion et pourcentage)

## PROGRESSIONS EN APPRENTISSAGE

L'apprentissage des mathématiques peut être considéré comme procédant par progressions en apprentissage, où la compréhension d'un concept par les enfants se développe à travers des niveaux de sophistication prévisibles.<sup>20</sup> Un programme qui « spirale » soutient le développement des enfants à travers ces niveaux dans chaque domaine et aide les enfants à acquérir une compréhension approfondie des mathématiques. Dans un programme d'études « en spirale », l'apprentissage au sein d'un domaine est étalé et les concepts sont revisités à plusieurs reprises au fil des mois et d'une année à l'autre. Les élèves sont échafaudés à des niveaux de compréhension plus élevés en retournant un concept particulier à plusieurs reprises, ce qui conduit à un meilleur apprentissage à long terme et encourage une plus grande sophistication dans la pensée mathématique.<sup>21</sup> Dans une revue de la littérature sur les avantages de la spirale par rapport à la "masse", où un sujet est abordé sur une période de temps prolongée sans pause ni visite ultérieure. Son et Simon<sup>22</sup> trouvent que la spirale conduit à de meilleures performances. Par exemple, en ce qui concerne l'addition, les enfants apprennent d'abord à additionner des nombres à un chiffre (tels que  $4 + 5$  et  $2 + 3$ ) et reviennent à ce concept plusieurs fois au cours de l'année, chaque fois avec une complexité croissante (par exemple, en ajoutant d'abord  $4 + 5$  avec des objets, puis avec des symboles, et plus tard avec des problèmes d'histoire). L'addition de base en tant que compétence fondamentale est essentielle pour développer la compétence plus complexe consistant à additionner des nombres à plusieurs chiffres, tels que  $34 + 65$  et  $206 + 329$ . Grâce à des expériences et à des pratiques répétées, les étudiants acquièrent la maîtrise et la maîtrise de ces compétences fondamentales essentielles.

Le séquençage des compétences en mathématiques et la manière dont chaque compétence est enseignée par rapport aux autres ont fait l'objet de recherches approfondies.<sup>23</sup> Une déclaration conjointe de l'Association nationale pour l'éducation des jeunes enfants et du Conseil national des professeurs de mathématiques indique que rise d'idées mathématiques importantes.<sup>24</sup> Les progressions d'apprentissage développées par les chercheurs tracent la séquence dans laquelle les jeunes enfants développent leur compréhension et leurs compétences en mathématiques et constituent un outil utile pour les planificateurs de programmes lors de l'établissement de normes et de l'élaboration de programmes (voir la figure

**FIGURE 1. Progression d'apprentissage pour développer la compréhension de l'addition et de la soustraction<sup>25</sup>**

1re année — Les élèves :	2e année — Les élèves :	3e année — Les élèves :
<p>Utiliser l'addition et la soustraction avec des nombres inférieurs à 20 pour résoudre des problèmes écrits impliquant des situations d'addition, de retrait, d'assemblage, de démontage et de comparaison (par exemple, en utilisant des objets, des dessins et des équations).</p> <p>Résoudre des problèmes écrits qui demandent l'addition de trois nombres entiers dont la somme est inférieure ou égale à 20 (par exemple, en utilisant des objets, des dessins et des équations).</p> <p>Appliquer les propriétés commutatives et associatives de l'addition aux opérations comme stratégies d'addition et de soustraction.</p> <p>Additionnez et soustrayez dans les 20, démontrant la fluidité pour l'addition et la soustraction dans les 10.</p> <p>Comprendre la signification du signe égal et déterminer si les équations impliquant l'addition et la soustraction sont vraies ou fausses.</p> <p>Additionner à moins de 100, y compris ajouter un nombre à deux chiffres et un nombre à un chiffre, et ajouter un nombre à deux chiffres et un multiple de 10, en utilisant des modèles ou des dessins concrets et des stratégies basées sur la valeur de position, les propriétés des opérations et la relation entre addition et soustraction; relier la stratégie à une méthode écrite.</p> <p>Soustraire des multiples de 10 dans la plage 10—90 des multiples de 10 dans la plage 10—90, en utilisant des modèles ou des dessins concrets et des stratégies basées sur la valeur de position, les propriétés des opérations et la relation entre addition et soustraction; relier la stratégie à une méthode écrite.</p>	<p>Utiliser l'addition et la soustraction à moins de 100 pour résoudre des problèmes de mots en une ou deux étapes impliquant des situations d'addition, de retrait, d'assemblage, de séparation et de comparaison (par exemple, en utilisant des dessins et des équations).</p> <p>Additionnez et soustrayez couramment jusqu'à 20 en utilisant des stratégies mentales. À la fin de la 2e année, connaissez de mémoire toutes les sommes de deux nombres à un chiffre.</p> <p>Additionnez et soustrayez couramment jusqu'à 100 en utilisant des stratégies basées sur la valeur de position, les propriétés des opérations et la relation entre l'addition et la soustraction.</p> <p>Additionnez jusqu'à quatre nombres à deux chiffres en utilisant des stratégies basées sur la valeur de position et les propriétés des opérations.</p> <p>Additionner et soustraire jusqu'à 1000, en utilisant des modèles ou des dessins concrets et des stratégies basées sur la valeur de position, les propriétés des opérations et la relation entre l'addition et la soustraction ; relier la stratégie à une méthode écrite.</p> <p>Additionnez mentalement 10 ou 100 à un nombre donné 100—900, et soustrayez mentalement 10 ou 100 d'un nombre donné 100—900.</p> <p>Expliquer pourquoi les stratégies d'addition et de soustraction fonctionnent, en utilisant la valeur de position et les propriétés des opérations.</p>	<p>Additionner et soustraire couramment jusqu'à 1000 en utilisant des stratégies et des algorithmes basés sur la valeur de position, les propriétés des opérations et la relation entre l'addition et la soustraction</p>

1). Un cadre de progressions d'apprentissage aide les enseignants à fournir des stratégies adaptées au développement dans leurs salles de classe et à fournir un soutien adapté à chaque enfant, car tous les enfants ne seront pas au même endroit dans leur apprentissage des mathématiques en même temps. Le GPF est un exemple de contenu séquencé selon des progressions d'apprentissage documentées.

## DÉVELOPPER LA COMPÉTENCE MATHÉMATIQUE

### CONNAISSANCES CONCEPTUELLES ET PROCEDURALS

La maîtrise de chaque domaine mathématique nécessite de solides connaissances conceptuelles, une aisance procédurale et des compétences en processus. Connaissance conceptuelle, la "compréhension des concepts, opérations et relations mathématiques";<sup>26</sup> fluidité procédurale, "la capacité d'appliquer les procédures avec précision, efficacité et flexibilité";<sup>27</sup> et les compétences de processus sont étroitement liées et sont toutes nécessaires pour développer les compétences. La recherche montre que **les enfants qui utilisent des stratégies de calcul fondées sur une compréhension conceptuelle du système de numération obtiennent de meilleurs résultats dans les évaluations de numération que les élèves qui se fient uniquement à la mémorisation.**<sup>28</sup> Chaque fois qu'un nouveau concept est introduit, quelle que soit la note, il est essentiel de construire cette compréhension conceptuelle. Dans le même temps, la fluidité procédurale est cruciale à la fois pour renforcer les concepts précédents et pour apprendre de nouveaux concepts. Prenons, par exemple, les jeunes élèves qui apprennent à additionner des nombres à un chiffre. Dans le cadre de l'apprentissage de l'addition de base, les élèves apprennent la propriété commutative - en d'autres termes, que  $3 + 4$  est identique à  $4 + 3$ . Cette connaissance conceptuelle aide ensuite à renforcer la fluidité procédurale avec un ajout de base en réduisant de moitié le nombre de problèmes qu'ils doivent connaître rapidement et facilement. Cette maîtrise, à son tour, leur permet d'appliquer ce qu'ils savent à l'addition de nombres à deux chiffres tels que  $23 + 24$ .

### COMPÉTENCES DE PROCESSUS

Les compétences de processus sont les processus que les élèves utilisent pour développer et appliquer leurs compétences en mathématiques. Au fur et à mesure que les jeunes enfants développent des compétences de processus, ils sont capables de s'engager dans des mathématiques plus complexes.<sup>29</sup> Ces compétences de processus sont développées et soutenues en engageant les enfants dans des activités mathématiques diverses et stimulantes qui nécessitent une réflexion d'ordre supérieur.<sup>30</sup> Le Conseil National Des professeurs de maths définit les compétences de processus comme suit, et elles sont illustrées dans la figure 2 :

- résoudre des problèmes abstraits et réels et acquérir des connaissances mathématiques par la résolution de problèmes
- reconnaître et utiliser le raisonnement et la preuve comme aspects fondamentaux des mathématiques
- communiquer des idées mathématiques de manière claire et cohérente
- reconnaître et utiliser les liens entre les idées mathématiques et entre les mathématiques et les autres disciplines
- utiliser des représentations pour modéliser et interpréter des concepts mathématiques<sup>31</sup>

Soutenir le développement des compétences de processus aide à son tour les enfants à développer une fluidité conceptuelle et procédurale, et de nombreuses compétences de processus fonctionnent ensemble. Par exemple, les discussions en classe où les élèves expliquent leur raisonnement et envisagent plusieurs stratégies possibles pour résoudre un problème leur offrent des occasions de s'exercer à appliquer le raisonnement et la preuve, ainsi que de communiquer des idées

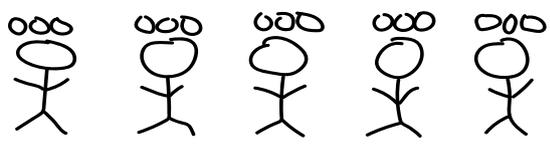
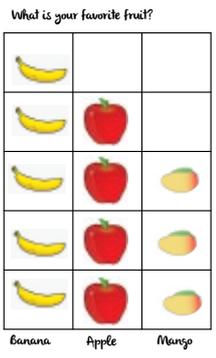
### UTILISATION D'UN GRAPHIQUE DE 100s

Un tableau de 100 est une aide à l'apprentissage simple mais puissante qui peut aider les élèves des premières années à maîtriser le nombre et les opérations. Le tableau aide les élèves à voir et à comprendre les modèles et les relations entre les nombres jusqu'à 100 et à développer à la fois la compréhension conceptuelle et la fluidité procédurale en utilisant le tableau pour soutenir des activités telles que le comptage par sauts, l'identification des modèles, l'addition et la soustraction. Par exemple, lorsque les élèves commencent à apprendre à résoudre des problèmes tels que  $34 + 52$ , le tableau des 100 fournit un échafaudage visuel sur la façon de créer différentes stratégies pour résoudre le problème, par exemple en commençant par la case pour 34 et en comptant 5 lignes. (50) puis à droite 2 colonnes (2) pour obtenir 86. Finalement, les étudiants pourront reproduire ce processus sans avoir à se référer au tableau. Ainsi, le sens conceptuel des modèles de nombres que les élèves acquièrent en utilisant le tableau des 100 les aidera également à gagner en fluidité.

Numbers 1-100									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100



FIGURE 2. Compétences de processus de base pour les mathématiques

Compétence de processus	Illustrations de la classe
<p>Résoudre des problèmes abstraits et réels</p>	<p>Les élèves sont invités à résoudre un problème concernant le nombre de bouchons de bouteilles nécessaires s'il y a 15 bouchons de bouteilles à partager entre 5 élèves. L'enseignant encourage les élèves à résoudre le problème de différentes manières, par exemple à l'aide de dessins et d'équations.</p> 
<p>Reconnaître et utiliser le raisonnement et la preuve en tant qu'idées mathématiques fondamentales</p>	<p>On demande aux élèves de prouver que tous les carrés sont des rectangles en utilisant leur connaissance des attributs des rectangles et des carrés.</p>  <p><u>Compare</u></p> <p>Rectangles and squares:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- both have 4 right angles</li> <li>- both have 4 sides</li> <li>- both are quadrilaterals</li> <li>- both have parallel sides</li> </ul> <p><u>Contrast</u></p> <p>Rectangles and squares:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- squares have 4 equal sides</li> <li>- rectangles don't have to have 4 equal sides, but opposite sides are equal</li> </ul>
<p>Communiquer des idées mathématiques de manière claire et cohérente</p>	<p>Les élèves et les enseignants s'engagent dans une discussion mathématique sur le problème <math>29 + 11</math>, expliquant plusieurs façons de résoudre le problème et de raisonner sur les solutions incorrectes.</p>  <p>Je l'ai résolu en utilisant le tableau des centaines: Je sais que 11 est un de plus que 10. Pour ajouter dix, il suffit de descendre d'une ligne et la réponse est 39, puis j'en ajoute une de plus pour arriver à 40.</p> <p>Je prends un du 11 pour que le 29 devienne 30. 30 plus 10 font 40.</p> <p>Un autre étudiant a dit que la réponse est 310. À quoi cet élève pouvait-il penser ?</p>
<p>Reconnaître et utiliser les liens entre les idées mathématiques</p>	<p>Les élèves d'une classe répondent à un sondage pour connaître le fruit préféré de chaque élève. Ils travaillent ensuite ensemble pour faire un pictogramme des résultats. Ils proposent des questions et des réponses à l'aide du pictogramme—comme "Quel est le fruit le plus populaire dans la classe ? Quel est le moins populaire ? Combien de personnes de plus aiment les pommes que les mangues ? » Enfin, ils discutent des opérations qu'ils utiliseront pour trouver les réponses.</p>  <p>What is your favorite fruit?</p> <p>Banana Apple Mango</p>
<p>Représenter des idées ou des concepts mathématiques avec des modèles</p>	<p>Un élève montre le nombre 34 de plusieurs manières : en utilisant une droite numérique, des bâtons de comptage et une grille de 100.</p> 



mathématiques. Ce « discours mathématique » en classe, qui exige des tâches riches pour les enfants à résoudre et des questions approfondies de la part des enseignants, conduit au développement d'une compréhension plus profonde et compétence.<sup>33</sup> La figure 3 fournit un exemple de questions que les enseignants pourraient poser pour générer un « discours mathématique » riche.

De solides compétences en processus permettent également aux étudiants d'appliquer les connaissances qu'ils acquièrent pour résoudre les problèmes du monde réel qui surviennent dans leur vie. Les élèves peuvent voir des liens entre les domaines mathématiques et d'autres domaines, tels que le rôle des données en science, ce qui crée une compréhension nouvelle et puissante du monde.

**FIGURE 3. Utiliser des questions pour soutenir un "discussion mathématique" riche<sup>32</sup>**

Comment avez-vous obtenu cette réponse ?  
 Comment savez-vous ?  
 Que remarquez-vous à propos de... ?  
 En quoi est-ce identique ou différent de... ?  
 Sinon, comment auriez-vous pu résoudre ce problème ?

## PROGRAMMES ET NORMES DANS LES PRITI

Alors que les domaines de base des mathématiques sont souvent représentés dans les programmes et les normes de mathématiques dans les PRFM, la recherche sur les programmes de mathématiques des premières années montre que le contenu du programme n'est souvent pas en phase avec les progressions d'apprentissage et qu'il y a un fort accent sur les connaissances procédurales plutôt que sur les connaissances conceptuelles, et les compétences de processus.<sup>34</sup>

Par exemple:

- **Progressions entre les années** : Le saut cognitif de la maternelle, où les mathématiques sont souvent à peine discutées, à la première année peut être énorme. Au primaire, les programmes de mathématiques ont tendance à être surchargés et la vitesse à laquelle le contenu est traité ne correspond pas à l'apprentissage des élèves.<sup>35</sup> Au Pakistan, une évaluation nationale menée en 2015 a révélé que seuls les trois cinquièmes des élèves de troisième année dans les zones urbaines pouvaient résoudre correctement un problème de soustraction ( $54 - 25$ ); dans les zones rurales, seuls les deux cinquièmes le pouvaient.<sup>36</sup>
- **Progression et liens entre les sujets** : Les progressions et les connexions entre les sujets mathématiques peuvent ne pas être bien alignées. Par exemple, au Mozambique, les manuels ont été révisés pour inclure davantage de problèmes réels, mais le contenu lié à la mesure d'objets à l'aide de centimètres et de mètres, qui n'a été enseigné qu'en deuxième année, était présent dans les activités du manuel de première année.[1] <sup>37</sup>
- **Attentes irréalistes** : Dans de nombreux contextes, le programme est surchargé et n'est pas en phase avec l'apprentissage des élèves. Par exemple, en Ouganda, les élèves sont censés connaître la table de multiplication jusqu'à 6, la division par 1, 2, 3 et 4, et comment additionner des fractions à la fin de la deuxième année. Cela ne correspond pas à la plupart des programmes de la région et du monde développé, où les élèves apprennent généralement ces compétences en troisième et quatrième année.<sup>38</sup>
- **Accent mis sur les connaissances procédurales plutôt que sur les connaissances conceptuelles**: Dans de nombreux contextes, le programme et l'enseignement ont eu tendance à favoriser l'utilisation de la mémorisation par cœur et à se concentrer principalement sur les procédures d'apprentissage plutôt que sur la compréhension des concepts mathématiques. Par exemple, au Ghana, une étude menée par le ministère de l'Éducation sur les raisons pour lesquelles les élèves obtiennent de mauvais résultats aux tests de mathématiques standardisés a révélé un certain nombre de facteurs, notamment « la nature du programme, une offre inadéquate de matériel d'enseignement/d'apprentissage des mathématiques, la faiblesse des enseignants, connaissance du contenu et utilisation par les enseignants de pratiques d'enseignement des mathématiques inefficaces.<sup>39</sup> Et malgré un processus majeur de réforme des programmes, qui a également modifié radicalement la formation continue des enseignants, les enseignants continuent de privilégier les compétences procédurales plutôt que la construction de connaissances conceptuelles ; l'une des raisons en est le décalage entre le programme des instituts de formation des enseignants et les programmes scolaires.<sup>40</sup>



## SUGGESTIONS

- **Les programmes de mathématiques doivent inclure des domaines de base et suivre un cadre de progression d'apprentissage (tel que le GPF)**. Les enfants devraient recevoir un enseignement dans cinq domaines de base : nombres et opérations, mesure, statistiques, géométrie et algèbre. L'apprentissage dans ces domaines doit suivre une progression d'apprentissage claire pour soutenir l'engagement et la maîtrise.
- **Les programmes de mathématiques devraient inclure un accent particulier sur le renforcement de la compréhension conceptuelle, la fluidité procédurale et le développement des compétences en**

**matière de processus.** Un programme de mathématiques holistique aide les enfants à comprendre les concepts mathématiques et pas seulement à mémoriser un ensemble de règles et de procédures. Apprendre à résoudre des problèmes mathématiques de manière procédurale, sans comprendre le concept sous-jacent, conduit à une compréhension superficielle des mathématiques et à une incapacité à utiliser des connaissances conceptuelles et procédurales pour résoudre des problèmes.

- **Les écoles devraient adopter un programme « en spirale », qui favorise la compréhension conceptuelle en espaçant le contenu et en revisitant les concepts tout au long de l'année.** Cette approche conduit à une plus grande rétention et à un apprentissage à long terme. Il aide également les enfants à apprendre des matières complexes et stimulantes tout au long de l'année scolaire, approfondissant leur compréhension d'un concept donné à chaque fois qu'il est enseigné.
- **Pour développer de nouveaux programmes ou mettre à jour les programmes actuels, des experts de diverses spécialités sont nécessaires : ceux qui ont une compréhension approfondie des progressions d'apprentissage dans tous les domaines du pays ; ceux qui ont une expérience pratique dans le pays ; et ceux qui ont de l'expérience dans l'élaboration et la publication de programmes d'études dans le pays.** Le développement du programme de mathématiques est souvent pris dans des débats sur ce qui est considéré comme approprié au développement (par exemple, devrions-nous enseigner les fractions dans les premières années ? Quand l'instruction sur les fractions doit-elle commencer ?). Ces types de questions sont essentielles pour discuter entre experts, qui devraient s'appuyer sur la recherche et les connaissances locales pour décider ce qui est approprié.

## Enseignants et enseignement

### STRATÉGIES PÉDAGOGIQUES À FORT IMPACT

En classe, l'approche et les stratégies pédagogiques utilisées par les enseignants ont plus d'impact sur l'apprentissage des élèves que le type de manuel ou de programme utilisé.<sup>41</sup> Les stratégies à fort impact suivantes<sup>42</sup> illustrés dans le tableau 2 soutiennent le développement des connaissances conceptuelles et procédurales, ainsi que des compétences de processus, et ont été liés à l'amélioration des résultats d'apprentissage en mathématiques :

**TABEAU 2. Stratégies pédagogiques à fort impact**

Stratégie	Exemple	Avantages pour l'étudiant
<b>Lier les mathématiques informelles et formelles</b>	<p>Lors de l'introduction du concept de division, l'enseignant donne aux élèves un problème réel et familier sur lequel travailler : Akilah a 6 mangues. Elle et ses deux sœurs veulent les partager à parts égales. Combien de mangues chaque sœur reçoit-elle ?</p>  <p>Après avoir enseigné le concept de division, l'enseignant demande aux élèves d'appliquer leurs connaissances pour résoudre des problèmes complexes, tels que : Il y a 80 pastèques qui doivent être emballées dans des boîtes contenant chacune 10 pastèques. De combien de boîtes avez-vous besoin ?</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aide les élèves à faire le lien entre les mathématiques qu'ils apprennent en dehors de l'école et les connaissances qu'ils apprennent à l'intérieur de l'école</li> <li>• Relier les mathématiques informelles et formelles permet aux élèves d'approfondir leur compréhension des mathématiques</li> <li>• Les connaissances extrascolaires sont formalisées et représentées par des symboles tels que + et =</li> <li>• Les connaissances acquises à l'école prennent un sens grâce à leur application quotidienne</li> </ul>
<b>Discuter des mathématiques</b>	<p>Lorsqu'il discute d'un problème, l'enseignant facilite une discussion où plusieurs élèves partagent les stratégies qu'ils ont utilisées pour arriver à la même solution. Les élèves utilisent <b>explication et justification</b> pour montrer pourquoi ils pensent que leur solution est correcte.</p> <p>L'enseignant utilise le <b>questionnement</b> pour demander aux élèves d'expliquer pourquoi une solution incorrecte est incorrecte.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aide les étudiants à apprendre à remettre en question leur solution</li> <li>• Aide les étudiants à comprendre et à clarifier les concepts clés</li> <li>• Contribue à développer une compréhension nouvelle et plus profonde</li> <li>• Soutient le développement de nouvelles stratégies</li> <li>• Tient les élèves responsables de leur propre apprentissage</li> </ul>



Stratégie	Exemple	Avantages pour l'étudiant
<b>Utiliser des modèles et des représentations appropriés</b>	<p>L'enseignant modélise pour les élèves deux façons différentes de représenter des fractions, puis leur demande de s'exercer à utiliser les modèles pour comparer des fractions.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Permet aux enfants de "voir" des concepts mathématiques abstraits</li> <li>• Aide les élèves à raisonner concrètement avec des idées mathématiques</li> <li>• Donne un sens aux symboles abstraits</li> </ul>
<b>Utiliser les connaissances des élèves et les progressions d'apprentissage pour cibler l'enseignement</b>	<p>Les étudiants travaillent sur l'utilisation de l'algorithme standard pour résoudre le problème</p> $\begin{array}{r} 28 \\ + 53 \\ \hline \end{array}$ <p>De nombreux étudiants pensent que la réponse est 71 et non 81. L'enseignante se rend compte qu'elle doit revoir le concept de valeur de position avant de procéder à l'algorithme.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Utilise les progressions d'apprentissage pour fournir un enseignement approprié</li> <li>• Permet de réenseigner les concepts et les compétences en cas de besoin</li> <li>• Fournit de multiples opportunités et pratiques pour acquérir des connaissances</li> </ul>

L'évaluation formative est une autre stratégie pédagogique importante à fort impact, bien qu'elle ne soit pas propre aux mathématiques. **L'intégration de l'évaluation formative dans la pratique régulière en classe et son lien avec les stratégies d'enseignement énumérées ci-dessus favorisent des résultats d'apprentissage plus solides pour les élèves.**<sup>43</sup> **Les gains d'apprentissage sont plus importants lorsque les informations issues des évaluations sont utilisées pour modifier l'enseignement et identifier les moyens d'apporter un soutien aux élèves.**<sup>44</sup> Des outils d'évaluation simples et fiables liés aux compétences clés et aux activités de remédiation ou d'enrichissement associées doivent être utilisés par les enseignants de manière continue. Les efforts de formation des enseignants doivent intégrer l'utilisation de l'évaluation formative continue dans les plans de formation, y compris du temps pour s'exercer à les administrer et à les réviser. Les enseignants devront être soutenus dans la gestion de cette tâche complexe et recevoir des conseils concrets sur la manière de l'intégrer dans la pratique quotidienne, en particulier pour les classes de grande taille. Voir le guide sur [Instruction éclairée sur l'évaluation : Niveau de la classe](#) pour une discussion plus détaillée de l'évaluation formative.

### CONNAISSANCE DU CONTENU DES ENSEIGNANTS ET CONNAISSANCE DU CONTENU PÉDAGOGIQUE

Afin d'enseigner efficacement, les enseignants doivent développer à la fois une solide connaissance du contenu (connaissance des mathématiques) et une solide connaissance du contenu pédagogique (connaissance de l'enseignement des mathématiques).<sup>45</sup> Une compréhension « connectée » du contenu précoce de la numératie qui inclut la connaissance de la progression de l'apprentissage de la numératie et la connaissance du contenu pédagogique conduit à une meilleure compréhension conceptuelle et à de meilleurs résultats pour les enfants.<sup>46</sup> Hill et Ball ont constaté que les enseignants en poste affichaient la plus grande croissance grâce à un développement professionnel axé sur le contenu mathématique et les problèmes auxquels ils seraient confrontés en tant qu'enseignants.<sup>47</sup>

Dans les PRITI, de nombreux enseignants n'ont pas une solide connaissance des compétences fondamentales en mathématiques, en particulier celles qui nécessitent une compréhension conceptuelle. Une enquête menée dans les pays africains a révélé que plus de 90 % des enseignants étaient capables de résoudre des problèmes d'addition de base, mais qu'à mesure que le contenu devenait plus difficile et moins procédural, les chiffres diminuaient : seuls 11 % étaient capables d'interpréter les données dans un graphique et seuls 15 % capable de résoudre des problèmes de mots.<sup>48</sup> Selon une étude de la Banque mondiale sur l'Amérique latine et

### CONNAISSANCE DU CONTENU PÉDAGOGIQUE DES ENSEIGNANTS

Des problèmes tels que ceux ci-dessous peuvent être utilisés pour comprendre les connaissances existantes des enseignants et pour développer les connaissances des enseignants lors de sessions de développement professionnel.

To the question "What part of the larger square does the shaded part represent?" the student answered "1/3." Which of the following reasons is the most likely for such answer by the student?



- a. This is a correct answer
- b. The student does not understand that the denominator must include all equal parts
- c. The student made a counting error
- d. I have difficulties answering

Almaz added 35 and 36 together and said that the total was 611. What can his teacher do to help Almaz?

- a. Provide more similar practice problems
- b. Review the topic of addition and subtraction up to 20
- c. Review the topic of the place value of numbers
- d. I have difficulties answering



les Caraïbes, 84 % des enseignants du Pérou ont obtenu un score inférieur au niveau 2 en mathématiques, qui est défini par le ministère péruvien de l'Éducation comme " incapable d'établir des relations mathématiques et d'adapter des procédures et stratégies mathématiques. »<sup>49</sup>

Lorsqu'il s'agit d'enseigner les mathématiques, de nombreux enseignants s'appuient sur des techniques de mémorisation par cœur qui favorisent la fluidité procédurale plutôt que la compréhension conceptuelle.<sup>50</sup> Cela peut refléter une lutte à la fois avec la connaissance du contenu mathématique et la connaissance du contenu pédagogique, où les enseignants peuvent ne pas savoir comment enseigner les idées mathématiques de manière conceptuelle et se concentrer plutôt sur la procédure, en s'appuyant sur la façon dont ils ont eux-mêmes appris les mathématiques. Par exemple, de nombreux enseignants savent comment résoudre le problème  $41 + 56$  en utilisant la procédure d'addition de colonnes, mais ne savent pas quelles stratégies et quels modèles utiliser pour aider un élève à comprendre l'algorithme. Les enseignants peuvent connaître les procédures de création de fractions équivalentes, mais ne pas comprendre comment représenter des fractions équivalentes sur une droite numérique et un modèle d'aire. Au Paraguay, des recherches sur les pratiques mathématiques des enseignants ont révélé que 90 % des enseignants du préscolaire ne comprenaient pas le contenu mathématique qu'ils enseignaient à leurs élèves,<sup>51</sup> et en Afrique du Sud, les mauvais résultats des élèves sont liés à la mauvaise connaissance des matières par les enseignants.<sup>52</sup> Au Kenya, des recherches ont indiqué que les enseignants s'appuient souvent en grande partie sur la mémorisation par cœur, la récitation et les cours magistraux pour fournir des informations,<sup>53</sup> et le langage de la classe est formel et dépourvu de tout lien avec le monde réel.<sup>54</sup> **Une approche de la formation des enseignants qui inclut et relie suffisamment à la fois le contenu et la connaissance du contenu pédagogique produirait des enseignants mieux préparés à enseigner les concepts mathématiques en début de classe.**

#### RÉSOLUTION AUTHENTIQUE DES PROBLÈMES <sup>58</sup>

Dans le but d'améliorer les résultats d'apprentissage des élèves en mathématiques au Ghana, un nouveau programme de mathématiques du primaire a été élaboré. Il met l'accent sur l'amélioration de la compréhension conceptuelle mathématique des élèves, l'utilisation de modèles physiques pour représenter les concepts mathématiques et l'accent mis sur les compétences de calcul mental des élèves. Avec le soutien du programme d'apprentissage du Ghana financé par l'USAID, des cercles d'apprentissage hebdomadaires ont aidé les enseignants à ne plus se concentrer sur la mémorisation des procédures pour construire leur propre compréhension des concepts mathématiques sous-jacents aux procédures. Enseignants engagés dans la résolution authentique de problèmes mathématiques.

À la fin de la période d'intervention, une majorité d'enseignants (89 %) estimaient que le programme de formation continue avait accru leurs connaissances en mathématiques. Environ les trois quarts des enseignants estimaient que le programme était plus efficace que les

### PERFECTIONNEMENT PROFESSIONNEL DES ENSEIGNANTS DANS LES PRITI

La formation initiale des enseignants dans de nombreux PRITI est confrontée à de nombreux défis, comme indiqué dans le guide pratique sur la [Formation initiale des enseignants](#). Un rapport de l'UNESCO sur la préparation des enseignants en Amérique latine a révélé que les programmes de formation initiale ne laissaient pas suffisamment de temps ou ne se concentraient pas sur la maîtrise du contenu et l'apprentissage actif, les stages d'enseignement dans les écoles étant fortement limités ou totalement absents.<sup>55</sup> Bien que les enseignants veuillent utiliser des stratégies telles que les discussions, le travail en petits groupes et établir des liens avec le monde extérieur dans leurs salles de classe, les exemples

FIGURE 4. Parcours professionnel des enseignants pour discuter de mathématiques



de cette méthode d'enseignement « connectée » dans leurs contextes sont limités.<sup>56</sup> Leur défaut est donc de se rabattre sur des stratégies traditionnelles telles que la mémorisation par cœur et la récitation.<sup>57</sup>

Les programmes de formation initiale et de formation des enseignants en mathématiques emploient généralement des professeurs qui peuvent avoir une solide connaissance du contenu mais qui ne sont pas suffisamment préparés pour enseigner les concepts mathématiques, en particulier dans les premières années du primaire.<sup>59</sup> Une étude a révélé que les formateurs d'enseignants de mathématiques au Ghana ont du mal à fournir des conseils appropriés dans l'utilisation des matériels d'enseignement et d'apprentissage, une composante essentielle de l'enseignement et de l'apprentissage dans les premières années. Les enseignants ne disposent souvent pas d'espace pour « réfléchir, analyser ou critiquer comment une méthode spécifique fonctionnerait pour enseigner à leurs futurs élèves dans des contextes de classe réels ». <sup>60</sup> Les formateurs d'enseignants ne sont pas non plus tenus d'avoir une expérience d'enseignement scolaire - et lorsqu'ils ont une telle expérience, c'est généralement aux niveaux moyen et secondaire. Les programmes de préparation des enseignants doivent garantir que les professeurs ont une connaissance pratique des situations actuelles dans les salles de classe et peuvent fournir des connaissances sur la façon d'enseigner, en plus de ce qu'il faut enseigner, dans ces contextes.

Changer la pratique des enseignants prend du temps, et tous les enseignants ne seront pas à l'aise pour mettre en œuvre de nouvelles idées tout de suite. Il est important de rencontrer les enseignants là où ils se trouvent et de leur offrir des opportunités de croissance à tous les niveaux. Sitabkhan et al. discuter de quatre points d'entrée différents dans les parcours de développement professionnel des enseignants et fournir des exemples de la manière d'aider les enseignants à comprendre et à mettre en œuvre des stratégies à fort impact dans leurs salles de classe, en fonction de leur niveau de compétences et de connaissances (voir la figure 4).<sup>61</sup> Grâce à un soutien renforcé et coordonné avant l'emploi, en cours d'emploi et continu, les enseignants peuvent acquérir les connaissances et les compétences nécessaires pour appliquer les stratégies pédagogiques à fort impact dans leurs salles de classe.



#### SUGGESTIONS

- **Construire un cadre de professeurs en formation initiale, de formateurs en cours d'emploi et d'entraîneurs avec un contenu mathématique et des connaissances pédagogiques.** Les nouveaux enseignants ont besoin de soutien, d'encouragement et de modèles. Ils devraient recevoir un soutien constant d'un spécialiste de la matière qui observe les leçons et modélise un enseignement efficace, en tenant compte de la dynamique réelle de la classe.
- **Veiller à ce que la formation professionnelle initiale et continue comprenne et relie à la fois la connaissance du contenu mathématique et la connaissance du contenu pédagogique.** Les programmes de formation des enseignants doivent aborder les concepts mathématiques dans les cinq domaines en utilisant des approches flexibles de résolution de problèmes ancrées dans la compréhension conceptuelle. L'accent mis sur une compréhension approfondie - plutôt que sur les seules étapes procédurales de la résolution de problèmes - doit constituer le fondement des programmes de préparation, en particulier pour les concepts abstraits tels que la valeur de position et le concept de nombres pairs et impairs. Montrer aux enseignants comment établir des liens dans et entre d'autres domaines - par exemple, montrer le lien entre l'addition et la multiplication, et comment l'aire d'une forme est liée à ses propriétés géométriques - est fondamental pour aider les enseignants à développer une compréhension "connectée" des mathématiques. Les enseignants doivent s'engager dans une résolution de problème authentique afin qu'ils puissent « voir » comment résoudre un problème de multiples façons et apprendre à expliquer et à justifier leurs réponses. Ce type de pratique préparera les enseignants à pouvoir mener une discussion où les élèves partagent plusieurs réponses.
- **Associez des enseignants stagiaires à des maîtres enseignants pour une expérience de stage qui expose les stagiaires à des situations réelles en classe.** Le stage est essentiel pour les futurs enseignants et doit être d'une durée où ils peuvent appliquer de manière significative les connaissances et les compétences acquises au cours de leur programme de préparation. Les maîtres enseignants doivent reconnaître leur rôle dans la modélisation d'un enseignement solide pour les stagiaires et leur fournir des expériences riches pour développer des compétences. Consultez également le guide pratique sur la [Formation Initiale des Enseignants](#) pour en savoir plus. Il est également essentiel que les maîtres enseignants aident les enseignants stagiaires à changer les perceptions sexospécifiques selon lesquelles les mathématiques sont une matière réservée aux garçons. Seul un petit pourcentage de filles poursuivent des carrières dans les sciences ou l'ingénierie, en grande partie à cause de ces perceptions parmi les parents, les enseignants et les membres de la communauté. Les enseignants doivent être de fervents défenseurs de l'excellence des filles dans les domaines qui exigent une solide formation en mathématiques.
- **Veiller à ce que la formation continue, associée à un soutien continu, adopte des stratégies à fort impact et fournisse aux enseignants un échafaudage pour qu'ils deviennent plus compétents au**

**fil du temps.** Les enseignants peuvent participer à une formation axée sur des pratiques pédagogiques efficaces, mais le changement pédagogique prend du temps. Rencontrer les enseignants là où ils se trouvent est essentiel pour renforcer la confiance et la réussite. **Les parcours de développement professionnel, avec différents points d'entrée en fonction des compétences et des connaissances des enseignants, peuvent aider les enseignants à comprendre et à mettre en œuvre des stratégies pédagogiques à fort impact dans leurs salles de classe à leur propre rythme et niveau de confort.** De plus, certaines méthodes d'enseignement promeuvent des niveaux de réussite plus élevés à l'avantage des filles, notamment en présentant des problèmes mathématiques dans des contextes adaptés au genre : poser des problèmes mathématiques qui favorisent une compréhension plus approfondie; utiliser des méthodes collaboratives en classe; et, en utilisant des méthodes d'évaluation qui ne sont pas contraintes par le temps.<sup>62</sup> Ces idées devraient être incluses dans les programmes de formation initiale des enseignants. Consultez les guides pratiques de pédagogie structurée sur [Teacher Professional Development : Formation des enseignants](#) et [Développement professionnel des enseignants : Soutien continu aux enseignants](#).

## Matériel d'enseignement et d'apprentissage

### L'IMPORTANCE DU MATÉRIEL DIDACTIQUE

Le matériel didactique est un élément essentiel de l'enseignement et de l'apprentissage des mathématiques. Les guides de l'enseignant, les cahiers d'exercices et les manuels scolaires sont les types de matériel pédagogique les plus courants. Tout aussi importants sont les matériaux physiques qui peuvent être déplacés et touchés : ceux-ci sont souvent appelés objets de manipulation et comprennent des compteurs, des doigts, des perles, des bâtons de popsicle, des formes géométriques, etc.

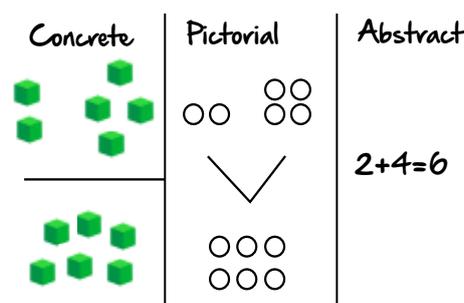
En plus des matériaux physiques, des modèles picturaux ou représentatifs (tels que des dessins, des diagrammes et des symboles) aident également à rendre les concepts abstraits plus clairs pour les jeunes enfants. Au début du primaire, les enfants peuvent d'abord travailler avec des manipulations concrètes, puis utiliser des représentations dessinées ou illustrées, et enfin s'appuyer sur des symboles mathématiques abstraits pour représenter des idées ou des concepts mathématiques.<sup>63</sup> La figure 5 montre comment les enfants apprennent le concept d'addition : d'abord concrètement avec des objets à manipuler tels que des blocs ou des bâtons, puis en utilisant des modèles picturaux, et enfin en utilisant des symboles abstraits.

L'utilisation de matériaux pour représenter des concepts abstraits aide les enfants à raisonner de manière plus significative,<sup>64</sup> et l'intégration appropriée et systématique du matériel dans la classe de mathématiques peut avoir des résultats positifs sur l'apprentissage.<sup>65</sup> Il a été démontré que l'utilisation précise du matériel améliore les compétences allant du comptage à la résolution de problèmes.<sup>66</sup> À l'inverse, s'ils sont utilisés de manière inappropriée, les supports peuvent "provoquer de la frustration ou de la confusion, et finalement perturber la motivation des élèves et les opportunités d'apprentissage globales".<sup>67</sup> Fournir du matériel aux salles de classe et aux enseignants sans instruction ni orientation a un impact relativement faible sur les résultats d'apprentissage.<sup>68</sup>

### MATÉRIEL ET FORMATION

**Les enseignants doivent être bien formés à l'utilisation appropriée du matériel et savoir comment mener des discussions constructives autour des observations des élèves.**<sup>69</sup> Le contexte dans lequel les objets de manipulation sont utilisés est ce qui crée le sens, et la conversation et l'interaction entre les élèves et l'enseignant sont ce qui mène à la compréhension.<sup>70</sup> Il est essentiel de planifier soigneusement l'utilisation des matériaux et de savoir comment différents matériaux mettent en évidence des idées mathématiques importantes.<sup>71</sup> Par exemple, dans la figure 6, les élèves utilisent des pailles pour aider à comprendre le concept de valeur de position. Ils regroupent les pailles en paquets de 10, avec des pailles simples représentant celles-ci. Ce matériel de manipulation permet aux élèves de « voir » la structure de notre système de numération et de comprendre que le nombre 14, par exemple, est un groupe de 10 et 4 uns. Une fois que les élèves ont intériorisé ce concept, ils n'ont plus besoin d'utiliser les pailles pour « voir » la valeur de position et peuvent plutôt utiliser la valeur de position pour résoudre de nouveaux problèmes. L'utilisation de matériel de manipulation pour soutenir la compréhension implique de développer une leçon qui inclut le contenu mathématique ; identifie le type de matériel

FIGURE 5. Apprentissage de l'addition à l'aide de matériel de manipulation, d'images, puis de symboles





à utiliser, qu'il soit physique (comme des jetons) ou un modèle illustré ou représentatif (comme une droite numérique); et explique comment l'enseignant modélisera en utilisant le matériel et permettra aux enfants de s'exercer. Les enseignants doivent ensuite déterminer le nombre de matériels nécessaires, s'ils seront utilisés individuellement ou en groupe, comment ils seront distribués et stockés, et comment les enfants seront guidés dans leur utilisation. La recherche montre que lorsque les enfants reçoivent des conseils sur la façon d'utiliser le matériel de manière appropriée, ils obtiennent de meilleurs résultats d'apprentissage.<sup>72</sup> Pour mieux soutenir les enseignants à cet égard, il est important de leur fournir des guides qui précisent comment utiliser certains matériels pour enseigner un contenu mathématique spécifique et qui les aident à séquencer le contenu et les matériels.<sup>7374</sup>

**FIGURE 6. Utilisation de matériel de manipulation mathématique**



Les enfants utilisent des objets concrets à manipuler (pailles) pour apprendre les concepts de valeur de position.

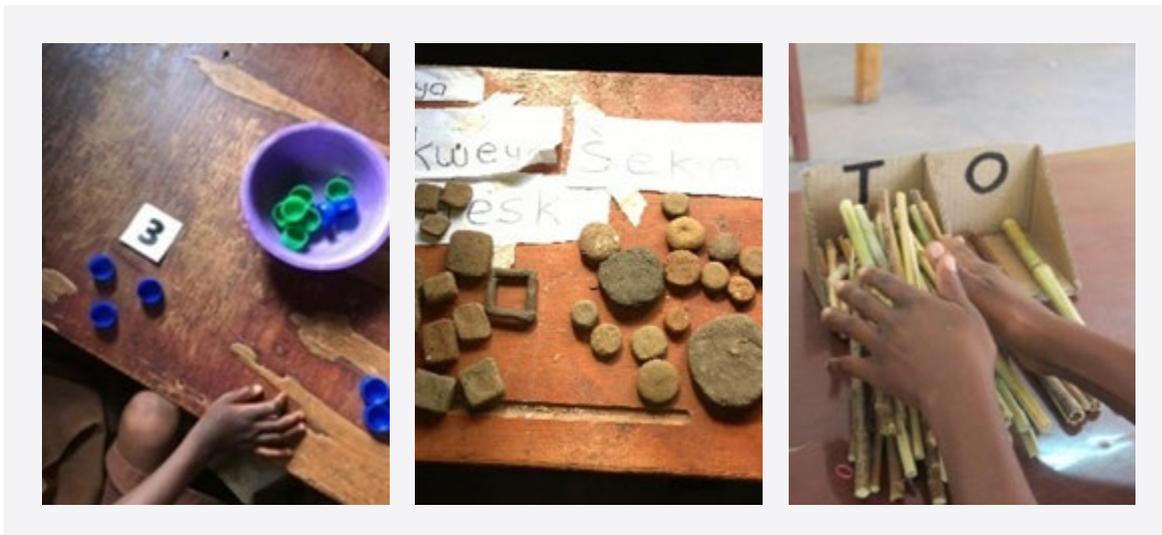
Les matériaux peuvent être d'origine locale et peu coûteux (tels que des bouchons de bouteilles, des graines et des cailloux comme comptoirs). Bien que les enseignants puissent rassembler et créer eux-mêmes du matériel, il existe des preuves que le fait de leur fournir le matériel dont ils

ont besoin peut aider à garantir qu'ils sont appropriés, en nombre suffisant et susceptibles d'être utilisés.<sup>75</sup> Il convient également de reconnaître que le fait de maintenir la diversité des matériaux à un nombre gérable aide à alléger le fardeau des enseignants de collecter différents objets de manipulation et autres fournitures et réduit le nombre de nouvelles techniques pédagogiques que les enseignants doivent connaître.<sup>76</sup> La figure 7 montre des matériaux locaux de comptage et de valeur de position au Malawi et au Ghana.

**APPROCHE PÉDAGOGIQUE STRUCTURÉE DE FUNDA WANDE**

Dans le programme de mathématiques de Funda Wande, Bala Wande, les enseignants reçoivent un guide de l'enseignant qui définit les objectifs de cours quotidiens et hebdomadaires et indique le type d'activités d'enseignement et d'apprentissage nécessaires pour atteindre les objectifs d'apprentissage, y compris comment intégrer des manipulations dans la leçon et quel type d'évaluation à utiliser pour le sujet particulier enseigné. Des vidéos de maîtres enseignants enseignent le contenu fournissent un échafaudage et un soutien supplémentaires aux enseignants, et une section de développement de concept décrit le concept mathématique ciblé dans les activités d'enseignement de toute la classe, le vocabulaire que les enseignants doivent utiliser et les comportements spécifiques liés aux mathématiques qu'ils doivent rechercher. au fur et à mesure que les élèves progressent vers les concepts ciblés.<sup>74</sup>

**FIGURE 7. Manipulations mathématiques locales au Malawi et au Ghana**



## MATÉRIELS D'ENSEIGNEMENT ET D'APPRENTISSAGE DANS LES PRITI

Le matériel d'enseignement et d'apprentissage dans les classes de mathématiques des premières années est essentiel. Ils aident les jeunes enfants à rendre plus concrets des concepts tels que la valeur de position, l'addition et la multiplication. L'utilisation de matériaux pour représenter des concepts abstraits aide les enfants à raisonner de manière plus significative.<sup>77</sup> et l'intégration appropriée et significative du matériel dans la salle de classe de mathématiques peut avoir des résultats positifs sur l'apprentissage.<sup>78</sup> Dans les PRITI, les manuels et le matériel d'apprentissage sont souvent limités, les enfants devant partager les ressources.<sup>79</sup> En Afrique subsaharienne, en moyenne, trois élèves partagent un livre de mathématiques ; au Cameroun spécifiquement, en moyenne, 14 élèves partagent un manuel de mathématiques.<sup>80</sup> Dans le rapport de première phase du Fonds mondial du livre, qui a examiné les matériels d'enseignement et d'apprentissage dans 13 pays en développement des Caraïbes, d'Afrique subsaharienne, du sous-continent indien et d'Asie du Sud-Est, seuls trois pays ont fourni plus de seulement des manuels de base et des guides de l'enseignant. De plus, aucun des pays étudiés n'a atteint ou maintenu ses propres objectifs de base, même pour la fourniture de manuels et de guides pédagogiques. De plus, les données suggèrent que les gouvernements des PRITI donnent souvent la priorité aux manuels scolaires du secondaire par rapport à ceux du primaire, et aux manuels du deuxième cycle du primaire par rapport à ceux du premier cycle du primaire.<sup>81</sup>

La plupart des salles de classe des LMIC disposent de peu de matériel en dehors des manuels scolaires. S'il est rare de voir une salle de classe avec une bibliothèque, il est encore plus rare de voir du matériel mathématique dans les salles de classe. Save the Children, dans le cadre de son intervention Numeracy Boost, fournit un « kit de mathématiques » à chaque classe dans laquelle il travaille (voir Figure 8). Ces kits comprennent des pierres, des bottes de pailles et d'autres objets pour trier et compter, ainsi que des conseils pour les enseignants sur la façon de les utiliser. Avant de recevoir ces kits, les écoles participant au programme Numeracy Boost au Bangladesh, au Salvador, au Malawi et au Pakistan n'avaient pas de matériel mathématique.<sup>82</sup>

FIGURE 8. Kit de mathématiques Numeracy



La recherche sur l'utilisation des matériels par les enseignants dans les PRITI est extrêmement limitée. Les preuves existantes indiquent un manque de temps de formation adéquat et une méthodologie qui ne permet pas aux enseignants de réfléchir sur la pratique et de discuter de l'applicabilité réelle de l'utilisation du matériel dans les salles de classe. Cela empêche les enseignants d'utiliser le matériel en classe, les amenant à enseigner d'une manière qui leur est plus familière<sup>83</sup> et d'utiliser du matériel à des fins de démonstration uniquement pendant que les enfants regardent passivement.<sup>84</sup> Les enseignants associent également l'utilisation du matériel à quelque chose de "supplémentaire" ou en dehors du programme.<sup>85</sup> En outre, des facteurs tels que la grande taille des classes et les doubles horaires peuvent laisser de nombreux enseignants avec peu de temps pour se préparer à l'enseignement en classe, y compris la préparation du matériel.<sup>86</sup> Un projet pilote exploratoire au Ghana a proposé des activités séquentielles de calcul à mettre en œuvre avec des enfants de six et sept ans.<sup>87</sup> Certains enseignants ont reçu tout le matériel nécessaire pour mettre en œuvre ces activités, tandis que d'autres enseignants ont été invités à les créer ou à les rassembler. Les enseignants qui ont reçu tout le matériel nécessaire pour une leçon étaient à la fois plus susceptibles d'utiliser les activités qui leur étaient proposées et plus susceptibles d'utiliser des stratégies d'enseignement à fort impact par rapport à l'autre groupe.



### SUGGESTIONS

- **Assurez-vous qu'il existe une norme minimale pour le matériel d'enseignement et d'apprentissage dans chaque classe, qui comprend un manuel pour chaque élève et un guide de l'enseignant pour chaque enseignant.** Le guide de l'enseignant doit inclure des instructions liant les leçons au matériel et expliquant comment utiliser le matériel. Voir une discussion supplémentaire à ce sujet dans le guide pratique de pédagogie structurée sur [Développement de matériel d'enseignement et d'apprentissage](#).
- **Fournir à toutes les salles de classe une trousse de matériel de manipulation à l'usage des élèves.** Un kit de matériel mathématique d'origine locale est un élément essentiel de la classe de mathématiques du primaire. Le kit doit se concentrer sur quelques supports à fort effet de levier pouvant être utilisés



pour plusieurs concepts et sujets, et il doit inclure suffisamment de supports pour que tous les enfants puissent les utiliser en petits groupes.

- **Veiller à ce que les enseignants aient une formation, une modélisation et une pratique suffisantes sur la manière d'utiliser correctement les supports d'enseignement et d'apprentissage.** Le matériel à utiliser en classe doit être accompagné d'une formation et d'un soutien axés sur la façon de choisir le bon matériel pour la leçon enseignée, comment le matériel peut être partagé en petits groupes et comment le matériel doit être manipulé et stocké. Les formations doivent inclure une modélisation et une démonstration appropriées par un formateur spécialisé en mathématiques, ainsi que de nombreuses possibilités de pratique. Voir le guide pédagogique structuré sur [Teacher Professional Development : Formation des enseignants](#) pour en savoir plus sur l'intégration de la modélisation et de la pratique dans la formation.

## Conclusion

Les décideurs politiques, les donateurs et les responsables de la mise en œuvre doivent reconnaître l'importance de la littératie et de la numératie précoces en tant que sujets fondamentaux fondamentaux, et ils doivent mettre l'accent sur chacun d'eux de la même manière. L'accent mis sur la lecture dans les premières classes a produit des bourses d'études et des recherches sur les pratiques prometteuses pour soutenir le développement de l'alphabétisation dans les PRFM, ce qui a amélioré la compréhension du secteur des modèles de mise en œuvre réussis et des approches pour améliorer les résultats d'alphabétisation à grande échelle ; un travail similaire est nécessaire pour mieux comprendre ce qui fonctionne pour renforcer les compétences en mathématiques dans ces contextes. Des interventions mathématiques plus précoces bien planifiées, développées en partenariat avec les gouvernements des pays hôtes et basées sur des recherches rigoureuses aideront à combler les lacunes dans ce domaine liées à la connaissance du contenu des enseignants, à la pédagogie et à l'utilisation de matériels d'enseignement et d'apprentissage. La création d'un incubateur pour tester les approches et programmes mathématiques réussis développés dans divers PRITI pourrait être un point de départ pour générer plus d'informations sur ce qui fonctionne dans l'enseignement précoce des mathématiques.

Les gouvernements doivent faire leur part pour assurer une norme minimale de matériel d'enseignement et d'apprentissage dans la salle de classe, en commençant par que chaque enfant ait son propre manuel. Les formateurs en mathématiques et les concepteurs de programmes dans les PRFM devraient aider les décideurs politiques et les responsables gouvernementaux à comprendre que les enfants des premières années développent leur compréhension des mathématiques grâce à une progression concrète-illustrée-abstraite et que le matériel d'enseignement et d'apprentissage aide les élèves à approfondir leur compréhension des concepts abstraits. L'utilisation de matériel mathématique d'origine locale serait non seulement bénéfique pour l'apprentissage des mathématiques, mais montrerait également aux enfants que les mathématiques sont quelque chose qui nous entoure.

Bien qu'elles ne soient pas abordées ici en détail, **les attitudes sexospécifiques à propos de qui les mathématiques sont "pour", ainsi que les attitudes des enseignants concernant qui est "bon" en mathématiques, doivent être abordées par la communauté mondiale. De telles perceptions empêchent les filles de progresser dans les carrières liées aux mathématiques et aux STEM, et il reste encore beaucoup à faire pour changer ces normes.**

Voici quelques sujets méritant des recherches plus approfondies dans les PRITI :

- Sujets mathématiques précoces que les enseignants ont du mal à enseigner efficacement
- Stratégies d'enseignement les plus efficaces pour accroître la compréhension conceptuelle du contenu mathématique
- Utilisation du matériel d'enseignement et d'apprentissage en classe
- Programmes d'études et méthodologies de formation en mathématiques en cours d'emploi et avant l'emploi
- Expériences de stage pré-service en mathématiques précoces
- Attitudes envers les mathématiques chez les élèves, les enseignants, les familles et les membres de la communauté



## EXPERTISE TECHNIQUE REQUISE

- **Expertise en matière de contenu et de développement de programmes de mathématiques pour les premiers niveaux** pour l'alignement des programmes nationaux de formation initiale avec les pratiques actuelles fondées sur des données probantes en mathématiques pour les premiers niveaux et pour le développement de supports spécifiques pour soutenir ces programmes
- **Expertise en pédagogie de la formation des enseignants de mathématiques** pour le renforcement des programmes de développement professionnel pour les enseignants en formation axés sur la modélisation d'approches pédagogiques fondées sur des données probantes pour les mathématiques au primaire
- **Expertise liée aux partenariats entre les écoles et les programmes de formation initiale**, y compris le développement de programmes de stages à fort impact qui offrent aux enseignants la possibilité d'enseigner des cours de mathématiques et de recevoir

## RESSOURCES

Une étude documentaire de B. Atweh, M. Graven et H. Venkat qui traite du développement de la numératie dans les premières années de l'enfance et de la scolarité dans le contexte des pays à faible revenu : [https://www.academia.edu/21205934/Teaching\\_Numeracy\\_in\\_Pre\\_School\\_and\\_Early\\_Grades\\_in\\_Low\\_Income\\_Countries\\_GIZ\\_report\\_Atweh\\_Bose\\_Graven\\_Subraniam\\_and\\_Venkat](https://www.academia.edu/21205934/Teaching_Numeracy_in_Pre_School_and_Early_Grades_in_Low_Income_Countries_GIZ_report_Atweh_Bose_Graven_Subraniam_and_Venkat)

Document du Global Reading Network destiné aux parties prenantes impliquées dans la conception, la mise en œuvre ou la supervision de programmes d'alphabétisation et de calcul pour les premiers niveaux : <https://www.globalreadingnetwork.net/resources/towards-design-and-implementation-comprehensive-primaire-alphabétisation-et-numératie>

Discussion approfondie de quatre stratégies pédagogiques essentielles à un enseignement efficace des mathématiques : <https://shared.rti.org/content/instructional-strategies-mathematics-early-grades>

Plusieurs études de PRITI sur l'utilisation de stratégies pédagogiques communes dans les classes de mathématiques des premières années : <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED586780.pdf>

"Bala Wande : Calculating with Confidence", un programme de mathématiques pour les élèves du primaire conçu par des experts en mathématiques en Afrique du Sud, avec un contenu bilingue : <https://fundawande.org>

"Teaching at the Right Level" de Pratham, qui regroupe les élèves en fonction de leurs besoins d'apprentissage et consacre du temps au renforcement des compétences de base : <https://www.teachingattherightlevel.org/>



Ce document est sous licence internationale Creative Commons Attribution 4.0. <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## AUTEURS

**Shirin Lutfeali, Dr Yasmin Sitabkhan, Dr Wendi Ralaingita et Dr Benjamin Piper**

## NOTES DE FIN

- 1 C. Tredoux et A. Dawes, *Prédicteurs des compétences en mathématiques et en littératie à 15 ans en Éthiopie, en Inde, au Pérou et au Vietnam : Une étude longitudinale* (Londres : Jeunes vies, 2018).
- 2 G. J. Duncan, C. J. Dowsett, A. Claessens, et al., "School Readiness and Later Achievement", *Developmental Psychology* 43, no. 6 (2007): 1428–1446.
- 3 Institut des sciences de l'éducation, *Enseignement des mathématiques aux jeunes enfants : Guide pratique de l'enseignant* (Washington, DC : Département américain de l'éducation, National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, 2013).
- 4 S. Cueto, J. León, M. Sorto et A. Miranda, « Connaissances du contenu pédagogique des enseignants et réalisations en mathématiques des élèves au Pérou », *Études pédagogiques en mathématiques* 94, no. 3 (2017); E. A. Hanushek, G. Schwerdt et L. W. Wiederhold, « Returns to Skills around the World : Evidence from PIAAC 2014 », *Revue économique européenne* 73 (2014) : 103–130.
- 5 N. Evans, D. Srikantaiah, A. Pallangyo, et al., « Towards the Design and Implementation of Comprehensive Primary Grade Literacy and Numeracy Programs », *Global Reading Network Working Paper* (Washington, DC : USAID, 2019).
- 6 R. Slaby, S. Loucks et P. Stelwagon, « Pourquoi le préscolaire est-il essentiel pour combler l'écart de réussite ? », *Leadership et administration en éducation* 17 (2005) : 47–57.
- 7 N. Jordan, D. Kaplan, C. Ramineni et M. Locuniak, « Early Math Matters : Kindergarten Number Competence and Later Mathematics Outcomes », *Developmental Psychology* 45, no. 3 (2009): 850–867.
- 8 P. Fisher, J. Dobbs-Oates, G. Doctoroff et D. Arnold, « Intérêt précoce pour les mathématiques et développement des compétences en mathématiques », *Journal of Educational Psychology* 104, no. 3 (2012): 673–681.
- 9 P. L. Morgan, G. Farkas et Q. Wu, « Trajectoires de croissance sur cinq ans des enfants de la maternelle ayant des difficultés d'apprentissage en mathématiques », *Journal of Learning Disabilities* 42 (2009) : 306–321.
- 10 UNICEF et Union internationale des télécommunications, *Vers un avenir égal : Réinventer l'éducation des filles grâce aux STEM* (New York : UNICEF, 2020).
- 11 RTI International *Ghana 2015 : Évaluation de la lecture au primaire et évaluation des mathématiques au primaire : Rapport des résultats* (Washington, DC : USAID), [https://ierc-publicfiles.s3.amazonaws.com/public/resources/Ghana%202015%20EGRA-EGMA\\_22Nov2016\\_FINAL.pdf](https://ierc-publicfiles.s3.amazonaws.com/public/resources/Ghana%202015%20EGRA-EGMA_22Nov2016_FINAL.pdf).
- 12 Réseau PAL, ICAN : *Évaluation commune internationale de la numératie ; Contexte, fonctionnalités et mise en œuvre à grande échelle* (Nairobi : Réseau d'action populaire pour l'apprentissage, 2020).
- 13 RTI International, *Aide à l'éducation de base : Tous les enfants lisant (ABE-ACR): Final Findings Report, Tanzania National Early Grade Reading Assessment (EGRA)* (Washington, DC : USAID, 2016), <https://www.globalreadingnetwork.net/resources/2016-tanzania-national-egra-egma-sme-life-skills-findings-report>.
- 14 G. Bethell, *Enseignement des mathématiques en Afrique subsaharienne : Statut, défis et opportunités* (Washington, DC : Banque mondiale, 2016).
- 15 Banque mondiale, *Rapport sur le développement dans le monde* (Washington, DC : Banque mondiale, 2018).
- 16 Centre ASER, *Rapport annuel sur l'état de l'éducation (rural)* (2019), <http://img.asercentre.org/docs/ASER%202018/Release%20Material/aserreport2018.pdf>.
- 17 E. Chasemi et H. Burley, « Genre, affect et mathématiques : A Cross-National Meta-Analysis of Trends in International Mathematics and Science Study 2015 Outcomes », *Évaluations à grande échelle dans l'éducation* 7, no. 10 (2019).
- 18 B. Atweh, M. Graven et H. Venkat, *Teaching Numeracy in Pre-school and Early Grades in Low Income Countries* (Bonn : GIZ, 2014).
- 19 Institut des sciences de l'éducation, *Enseignement des mathématiques aux jeunes enfants*, 2013.
- 20 Evans et al., « Vers la conception et la mise en œuvre », 2019.
- 21 R. A. Schmidt et R. A. Bjork, « Nouvelles conceptualisations de la pratique : Des principes communs dans trois paradigmes suggèrent de nouveaux concepts pour la formation », *Psychological Science* 3 (1992) : 207–217.
- 22 L. K. Son et D. A. Simon, « Apprentissage distribué : Données, métacognition et implications éducatives », *Revue de psychologie de l'éducation* 24 (2012).
- 23 D. Clements et J. Sarama, *Recherche sur l'enseignement des mathématiques à la petite enfance : Trajectoires d'apprentissage pour les jeunes enfants* (New York : Routledge, 2009).
- 24 Association nationale pour l'éducation des jeunes enfants et Conseil national des professeurs de mathématiques, "Early Childhood Mathematics : Promoting Good Beginnings », déclaration de position commune (2010), <https://www.naeyc.org/sites/default/files/globally-shared/downloads/PDFs/resources/position-statements/psmath.pdf>.
- 25 Conseil national des professeurs de mathématiques, « Focusing on Multiplication and Division » (2010), <https://www.nctm.org/Handlers/AttachmentHandler.ashx?attachmentID=9oj%2BMYeR0tY%3D>.
- 26 Conseil national de recherches, *Complément : Aider les enfants à apprendre les mathématiques* (Washington, DC : Presse des Académies Nationales, 2001).
- 27 Conseil national des professeurs de mathématiques, *Procedural Fluency in Mathematics : Une position du Conseil national des professeurs de mathématiques* (Reston, VA : Conseil national des professeurs de mathématiques, 2014).
- 28 E. Gray et D. Tall, « Dualité, ambiguïté et flexibilité : Une vision « conceptuelle » de l'arithmétique simple », *Journal for Research in Mathematics Education* 25, no. 2 (1994): 116–140.
- 29 D. Clements et J. Sarama, « Early Childhood Mathematics Intervention », *Science* 333, no. 6045 (2011): 968–970.



- 30 K. H. Seo et H. P. Ginsburg, « Qu'est-ce qui est adapté au développement dans l'enseignement des mathématiques à la petite enfance ? » *Lessons from New Research*, dans D. Clements et J. Sarama (eds.), *Engaging Young Children in Mathematics* (Mahwah, NJ : Erlbaum Associates Inc., 2004).
- 31 Conseil national des professeurs de mathématiques, *Principles and Standards for School Mathematics* (Reston, VA : Conseil national des professeurs de mathématiques, 2000).
- 32 Evans et al., « Vers la conception et la mise en œuvre », 2019.
- 33 M. Lampert et P. Cobb, "Communication and Language", dans W. G. Kilpatrick et M. D. Schifter (eds.), *A Research Companion to the Principles and Standards for School Mathematics 2003* ; D. L. Ball, « Avec un œil sur l'horizon mathématique : Dilemmes de l'enseignement des mathématiques à l'école élémentaire », *Elementary School Journal* 93, no. 4 (1993) : 373–397 ; J. Hiebert et D. Wearne, « Tâches pédagogiques, discours en classe et apprentissage des apprenants en arithmétique de deuxième année », *American Educational Research Journal* 30, no. 2 (1993) : 393–425.
- 34 B. Piper, *Programme d'éducation intégré : Étude d'impact du SMRS à l'aide de l'évaluation de la lecture dans les premières classes dans trois provinces d'Afrique du Sud* (Washington, DC : USAID, 2009), <https://nicspaul.files.wordpress.com/2015/01/piper-2009-egra-south-africa-smrs.pdf>
- 35 L. Pritchett et A. Beatty, « The Negative Consequences of Overambitious Curricula in Developing Countries », Document de travail du Center for Global Development 293 (2012), [https://www.cgdev.org/sites/default/files/1426129\\_file\\_Pritchett\\_Beatty\\_Overambitious\\_FINAL\\_0.pdf](https://www.cgdev.org/sites/default/files/1426129_file_Pritchett_Beatty_Overambitious_FINAL_0.pdf).
- 36 Banque mondiale, *Rapport sur le développement dans le monde*, 2018.
- 37 S. Kusaka, « Analyse des problèmes de conception des programmes de mathématiques basés sur les compétences dans les pays africains » : Une étude de cas sur l'enseignement primaire des mathématiques au Mozambique », *Journal of Education and Learning* 9, no. 1 (2019).
- 38 National Governors Association Center for Best Practices and Council of Chief State School Officers, *Common Core State Standards for Mathematics* (Washington, DC : National Governors Association Center for Best Practices et Council of Chief State School Officers, 2010).
- 39 N. Evans et E. Acquaye, « Problématiser le familier au Ghana : Can an In-Service Model Based on Authentic Problem-Solution Help Teachers' Construct Deeper Understandings of New Mathematics Instructional Models ? article présenté à la Comparative and International Education Society conférence 2018, Mexique Ville.
- 40 Bethell, *Enseignement des mathématiques en Afrique subsaharienne*, 2016.
- 41 R. E. Slavin et C. Lake, « Programmes efficaces en mathématiques élémentaires : A Best-Evidence Synthesis », *American Educational Research Association* 78, no. 3 (2008).
- 42 J. Boaler, *Qu'est-ce que les maths vont faire avec ça ? Aider les enfants à apprendre à aimer leur sujet le plus détesté et pourquoi c'est important pour l'Amérique* (New York : Viking, 2008) ; C. O'Connor, S. Michaels et S. Chapin, « Réduire » pour explorer le rôle de la conversation dans l'apprentissage : From District Intervention to Controlled Classroom Study », dans L. B. Resnick, C. Asterhan et S. N. Clarke (eds.), *Socializing Intelligence through Talk and Dialogue* (Washington DC: Association américaine de recherche en éducation, 2015) ; E. Naslund-Hadley, S. W. Parker et J. M. Hernandez-Agramonte, « Fostering Early Math Understanding : Preuves expérimentales du Paraguay », *Global Education Review* 1, no. 4 (2014) : 135–154 ; AJH Boonen, J. Jolles, M. van der Schoot et F. van Wesel, "Le rôle du type de représentation visuelle, de la capacité spatiale et de la compréhension de la lecture dans la résolution de problèmes de mots : An Item-Level Analysis in Elementary School Children », *International Journal of Educational Research* 68 (2014) : 15–26 ; J. Woodward, S. Beckmann, M. Driscoll, et al., *Améliorer la résolution de problèmes mathématiques de la 4e à la 8e année : Résumé des preuves pour les conseils pédagogiques basés sur le guide de pratique de l'enseignant* (Washington, DC : National Center for Education Evaluation and Regional Assistance, Institute of Education Sciences, US Department of Education, 2012) ; Y. Sitabkhan, J. Davis, D. Earnest, et al., "Instructional Strategies for Mathematics in the Early Grades," *Mathematics Working Group Working Paper* (Washington, DC : USAID, 2019), <https://shared.rti.org/content/instructional-strategies-mathematics-early-grades>
- 43 L. Pritchett et R. Banerji, *L'école n'est pas l'éducation : Utiliser l'évaluation pour changer la politique du non-apprentissage* (Washington, DC : Centre pour le développement mondial, 2013).
- 44 Black et William (1998), cité dans N. Evans, D. Srikantaiah, A. Pallangyo, et al., « Towards the Design and Implementation of Comprehensive Primary Grade Literacy and Numeracy Programs », Document de travail du Global Reading Network (Washington, DC : USAID, 2019).
- 45 Atweh et al., *Enseignement de la numératie dans les classes préscolaires et les premières années dans les pays à faible revenu*, 2014 ; D. K. Evans, A. Popova et V. Arancibia, « Training Teachers on the Job : What Works and How to Measure It », Document de travail de recherche sur les politiques n° 7834 (Banque mondiale, 2016).
- 46 L. Ma, *Connaître et enseigner les mathématiques élémentaires : Compréhension des mathématiques fondamentales par les enseignants en Chine et aux États-Unis* (Mahwah, NJ : Lawrence Erlbaum Associates, 1999) ; J. Pryor, K. Akyeampong, J. Westbrook et K. Lussier, « Repenser la préparation et le développement professionnel des enseignants en Afrique : An Analysis of the Curriculum of Teacher Education in the Teaching of Early Reading and Mathematics », *Curriculum Journal* 23, no. 4 (2012) : 409–502.
- 47 H. Hill et D. Ball, « Apprendre les mathématiques pour l'enseignement : Résultats des instituts de développement professionnel en mathématiques de Californie », *Journal for Research in Mathematics Education* 35, no. 5 (2004) : 330–351.
- 48 T. Bold, D. Filmer, G. Martin, et al., « Inscription sans apprentissage : Effort, connaissances et compétences des enseignants dans les écoles primaires », *Africa Journal of Economic Perspectives* 31, no. 4 (2017) : 185–204.
- 49 Metzler et Woessmann (2012), cité dans B. Bruns et J. Luque, *Great Teachers : Comment améliorer l'apprentissage des élèves en Amérique latine et dans les Caraïbes* (Washington, DC : Banque mondiale, 2018), p. 77.
- 50 K. Akyeampong, « Pratique et vision des éducateurs d'enseignants d'un bon enseignement dans le contexte de la réforme de la formation des enseignants au Ghana », *chercheur en éducation* 46, no. 4 (2017) ; Pryor et al., « Repenser la préparation des enseignants », 2012 ; Bold et al., « Inscription sans apprentissage », 2017.
- 51 Banque interaméricaine de développement, *All Children Count* (Washington, DC : Banque interaméricaine de développement, 2015).



- 52 L. M. Kaino, M. G. Ngoepe, M. M. Phoshoko, et al., "Quelques tendances dans le développement professionnel des mathématiciens dans certains pays en développement et développés : Un aperçu de l'Afrique du Sud post-apartheid » (Université d'Afrique du Sud, 2014), <https://directorymathsed.net/montenegro/Kaino.pdf>.
- 53 F. Hardman, J. Hardman, C. Agg, et al., « Changer les pratiques pédagogiques dans les écoles primaires du Kenya : L'impact de la formation en milieu scolaire », *Éducation comparée* 45, no. 1 (2009).
- 54 Nag et al. (2014), cité dans B. Atweh, M. Graven et H. Venkat, *Teaching Numeracy in Pre-school and Early Grades in Low Income Countries* (Bonn : GIZ, 2014).
- 55 B. Bruns et J. Luque, *Grands enseignants : Comment améliorer l'apprentissage des élèves en Amérique latine et dans les Caraïbes* (Washington, DC : Banque mondiale, 2018).
- 56 Jorgensen et al. (2010), cité dans B. Atweh, M. Graven et H. Venkat, *Teaching Numeracy in Pre-school and Early Grades in Low Income Countries* (Bonn : GIZ, 2014).
- 57 Pryor et al., « Repenser la préparation des enseignants », 2012.
- 58 Evans et Acquaye, « Problématiser le familier au Ghana », 2018.
- 59 Pryor et al., « Repenser la préparation des enseignants », 2012.
- 60 Akyeampong, « Pratique et vision du bon enseignement des enseignants formateurs », 2017, p. 16.
- 61 Sitabkhan et al., « Stratégies pédagogiques », 2019.
- 62 Bethell, *Enseignement des mathématiques en Afrique subsaharienne*, 2016.
- 63 Sitabkhan et al., « Stratégies pédagogiques », 2019.
- 64 M. K. Stein et J. W. Bovalino, « Manipulatives : Une pièce du puzzle », *Mathematics Teaching in Middle School* 6, no. 6 (2001) : 356–360.
- 65 P. Swan et L. Marshall, « Revisiting Mathematics Manipulative Materials », *Australian Primary Mathematics Classroom* 15, no. 2 (2010) : 13–19.  
Document de travail du Global Reading Network (Washington, DC : USAID, 2019).
- 67 R. S. Liggett, « L'impact de l'utilisation de matériel de manipulation sur les résultats en mathématiques des élèves de 2e année », *Brock Education Journal* 26, no. 2 (2017) : 88.
- 68 Evans et al., « Vers la conception et la mise en œuvre », 2019.
- 69 D. H. Clements, « Manipulations concrètes, idées concrètes », *Problèmes contemporains de la petite enfance* 1 no. 1 (1999) : 45–60.
- 70 D. L. Ball, « Espoirs magiques : Les manipulations et la réforme de l'enseignement des mathématiques », *American Educator : Le Journal professionnel de la Fédération américaine des enseignants* 16, no. 2 (1992) : 14–18, 46–47.
- 71 Sitabkhan et al., « Stratégies pédagogiques pour les mathématiques dans les premières années », 2019.
- 72 K. J. Carbonneau, S. C. Marley et J. P. Selig, « Une méta-analyse de l'efficacité de l'enseignement des mathématiques avec des manipulations concrètes », *Journal of Educational Psychology* 105, no. 2 (2013) : 380–400.
- 73 Banque interaméricaine de développement, *Tous les enfants comptent*, 2015 ; B. Piper, W. Ralaingita, L. Akach et S. King, "Amélioration des résultats en mathématiques procédurales et conceptuelles : Preuve d'un essai contrôlé randomisé au Kenya », *Journal of Development Effectiveness* 8, no. 3 (2016) : 404–422.
- 74 N. Evans et M. Alejandra Sorto, examen documentaire : Bala Wande Grade 1 Teacher Guide and Learner Activity Book, [https://fundawande.org/img/cms/news/Funda\\_Wande\\_Maths\\_Report.pdf](https://fundawande.org/img/cms/news/Funda_Wande_Maths_Report.pdf)
- 75 Sitabkhan et al., « Stratégies pédagogiques pour les mathématiques dans les premières années », 2019.
- 76 B. Piper, Y. Sitabkhan et E. Nderu, « Les mathématiques depuis le début : Évaluation du pré-pr de Tayari 57-81
- 77 Stein et Bovalino, « Manipulatives : Une pièce du puzzle », 2001.
- 78 Swan et Marshall, « Revisiting Mathematics Manipulative Materials », 2010.
- 79 F. Yuan et D. Evans, « The Working Conditions of Teachers in Low and Middle Income Countries », document de travail (Washington, DC : Banque mondiale, 2018), <https://riseprogramme.org/sites/default/files/inline-files/Yuan.pdf>
- 80 UNESCO, *Ressources scolaires et environnements d'apprentissage en Afrique : Principaux résultats d'une enquête régionale sur les facteurs affectant la qualité de l'éducation* (Paris : UNESCO, 2016).
- 81 N. Lire, *Mesures de la disponibilité et de l'utilisation du matériel d'apprentissage et d'enseignement en Afrique subsaharienne et dans d'autres pays à faible revenu* (Paris : UNESCO, 2016).
- 82 S. Lutfeali, visites d'observation sur le terrain de Save the Children, 2013–2019.
- 83 K Akyeampong, « Pratique et vision du bon enseignement des formateurs d'enseignants », 2017.
- 84 D. Phuntsho, *Investigating Bhutanese Mathematics Teachers' Beliefs and Practices in the Context of Curriculum Reform*, thèse de doctorat, Queensland University of Technology (2016), [https://eprints.qut.edu.au/95624/1/Phuntsho\\_Dolma\\_Thesis.pdf](https://eprints.qut.edu.au/95624/1/Phuntsho_Dolma_Thesis.pdf).
- 85 RTI International, *Données sur l'éducation pour la prise de décision (EdData II) : Enquête nationale sur la littératie et la numératie dans les premières années de l'année — Jordanie* (Washington, DC : USAID, 2015), <https://shared.rti.org/content/education-data-decision-making-eddata-ii-national-early-grade-literacy-and-numeracy-enquête>.
- 86 Yuan et Evans, « Les conditions de travail des enseignants dans les pays à revenu faible et intermédiaire », 2018.
- 87 Y. Sitabkhan et K. Ampadu, *Shifting Teacher Practices in Ghana : Une étude de cas* (2021).