

UQAT

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC
EN ABITIBI-TÉMISCAMINGUE

Transition primaire-collège au Bénin, Maroc, et Tunisie. Etat des lieux, comparaison et perspectives de l'enseignement de l'arithmétique et de l'algèbre

Avril 2023

**Projet financé par le
programme APPRENDRE
dans le cadre de l'appel
« Accompagner le
développement du cycle
fondamental : l'enjeu de la
transition école/collège »**

Les points de vue exprimés et les propos contenus dans ce document n'engagent que leurs auteurs.

SOMMAIRE

INFORMATIONS GÉNÉRALES	4
Identification du projet	4
Identification du coordinateur, de la coordinatrice	4
Rédacteur, rédactrice du rapport	4
Liste des membres de l'équipe présents à la fin du projet :	4
RÉSUMÉ CONSOLIDÉ DU PROJET	7
RAPPORT SCIENTIFIQUE	8
3.1. Enjeux sociaux et scientifiques de la recherche, état de l'art, problématique générale et questions explorées	8
3.2. Approche scientifique et technique	9
3.3. Résultats obtenus	12
3.4. Discussion	15
3.5. Références bibliographiques	17
IMPACT DU PROJET	18
4.1. Indicateurs d'impact scientifique	18
4.1.1. Nombre de publications et de communications	18
4.1.2. Autres valorisations scientifiques	18
4.2. Indicateurs d'impact institutionnel	20
4.3. Liste exhaustive des publications et communications	20
ANNEXES	24
5.1. Documents de travail, données, traitements, ...	24
5.2. Liste exhaustive de l'ensemble des productions réalisées dans le cadre du projet	24

1. INFORMATIONS GÉNÉRALES

Identification du projet

Intitulé : Transition primaire-collège au Bénin, Maroc et Tunisie. État des lieux, comparaison et perspectives de l'enseignement de l'arithmétique et de l'algèbre.

Identification du coordinateur, de la coordinatrice

NOM, Prénom : NAJAR Ridha (il/he)

Qualité : Professeur-chercheur

Institution : Université du Québec en Abitibi-Témiscamingue (UQAT). Québec. Canada

Rédacteur, rédactrice du rapport

NOM, Prénom : NAJAR Ridha (il/he)

Qualité : Professeur-chercheur

Institution : UQAT. Québec. Canada

Adresse électronique : ridha.najar@uqat.ca

Date de rédaction : avril 2023

NOM, Prénom : Squalli Hassane (il/he)

Qualité : Professeur-chercheur

Institution : Université de Sherbrooke. Québec. Canada

Adresse électronique : hassane.squalli@usherbrooke.ca

Date de rédaction : avril 2023

Liste des membres de l'équipe présents à la fin du projet :

NOM, Prénom : NAJAR Ridha

Qualité : Professeur-chercheur

Institution : UQAT. Québec. Canada

NOM, Prénom : SQUALLI Hassane

Qualité : Professeur-chercheur

Institution : Université de Sherbrooke. Québec, Canada

NOM, Prénom : ADIHOU Adolphe

Qualité : Professeur-chercheur

Institution : Université de Sherbrooke. Québec, Canada

NOM, Prénom : BEN NEJMA Sonia

Qualité : Maître assistante

Institution : Faculté des sciences de Bizerte. Université de Carthage. Tunisie

NOM, Prénom : KHALLOUFI Faten

Qualité : Maître assistante

Institution : Faculté des sciences de Bizerte. Université de Carthage. Tunisie

NOM, Prénom : ADEL Fadhel
Qualité : Inspecteur général
Institution : Ministère de l'Education. Tunisie

NOM, Prénom : KHADHROUI Kais
Qualité : Inspecteur principal
Institution : Ministère de l'Education. Tunisie

NOM, Prénom : BRINSI Lamjed
Qualité : Professeur émérite de l'enseignement secondaire
Institution : Ministère de l'Education. Tunisie

NOM, Prénom : JABRANE Anis
Qualité : Professeur agrégé de l'enseignement secondaire
Institution : Ministère de l'Education. Tunisie

NOM, Prénom : ABOUHANIFA Said
Qualité : Professeur-chercheur
Institution : Centre Régional des métiers de l'éducation et de la formation,
Casablanca- Settat. Maroc

NOM, Prénom : HADDAD Sabah
Qualité : Professeure-chercheure
Institution : Centre Régional des métiers de l'éducation et de la formation, Rabat.
Maroc

NOM, Prénom : SEDDOUG Belkassem
Qualité : Professeur
Institution : Centre Régional des métiers de l'éducation et de la formation, Rabat.
Maroc

NOM, Prénom : ANNASSAY Saadia
Qualité : Inspectrice pédagogique
Institution : Académie régionale de Rabat. Maroc

NOM, Prénom : MESOUAKI Hajar
Qualité : Professeure de l'enseignement primaire
Institution : Académie régionale de Casablanca. Maroc

NOM, Prénom : ENNASSIRI Brahim
Qualité : Professeure de l'enseignement secondaire. Formateur
Institution : Centre Régional des métiers de l'éducation et de la formation,
Casablanca- Settat. Maroc

NOM, Prénom : OKÉ Eugène
Qualité : Professeur-Chercheur
Institution : Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques Université
d'Abomey-Calavy. Bénin

NOM, Prénom : AFFOGNON Gervais

Qualité : Professeur-Chercheur

Institution : Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques. Université d'Abomey-Calavy. Bénin

NOM, Prénom : GBAGUIDI Florent

Qualité : Professeur-Formateur

Institution : Institut National d'Ingénierie de Formation et Renforcement de Capacité des Formateurs. Université d'Abomey-Calavy. Bénin

NOM, Prénom : DOSSOU DOSSA Pierre

Qualité : Inspecteur pédagogique

Institution : Direction de l'Inspection Pédagogique et de l'Innovation. Bénin

NOM, Prénom : SOGBAVI Donatien

Qualité : Doctorant

Institution : Institut de Mathématiques et de Sciences Physiques. Université d'Abomey-Calavy. Bénin

NOM, Prénom : COSSOU Magloire

Qualité : Inspecteur pédagogique

Institution : Direction de l'Inspection Pédagogique et de l'Innovation. Bénin

2. RÉSUMÉ CONSOLIDÉ DU PROJET

En mathématiques, la transition primaire-collège est marquée, entre autres, par le passage de l'enseignement de l'arithmétique à celui de l'algèbre. Pour les élèves, comme au niveau de l'enseignement, cette transition est loin d'être évidente, à cause des différences qui caractérisent les modes de pensée arithmétique et algébrique. Ce projet s'intéresse à l'étude de la transition arithmétique-algèbre au Maroc, au Bénin et en Tunisie lors du passage de la 6^{ème} année du primaire à la 1^{ère} année du collège. Plus précisément, nous envisageons d'analyser le potentiel du développement de la pensée algébrique dans les programmes et manuels de mathématiques du primaire et du collège de ces trois pays, et d'enquêter sur les raisonnements des élèves et sur les pratiques déclarées des enseignants à propos de la résolution de problèmes de comparaison et de généralisation. Pour ce faire, nous partons de l'hypothèse que le développement de la pensée algébrique au primaire apporte une cohérence et une profondeur au curriculum, facilite la transition entre le primaire et le collège et réduit le risque que les longs apprentissages au primaire en arithmétique viendraient faire obstacle à l'apprentissage de l'algèbre au collège.

La recherche repose sur trois cadres conceptuels de la didactique des mathématiques. (1) La perspective *Early Algebra* qui met l'accent sur le développement de la pensée algébrique dès le primaire sans usage du langage conventionnel de l'algèbre (Kaput 1998, Carraher 2007, Kieran et al. 2004, Squalli et al., 2011). (2) La Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) (Chevallard 1998) qui offre un moyen de modéliser en termes de praxéologies le savoir enseigné ou à enseigner. (3) La notion de pratiques des enseignants au sens de Robert et Rogalski (2002) pour étudier la sensibilité des enseignants aux caractéristiques algébriques des situations porteuses et des démarches mobilisées par les élèves pour résoudre des problèmes déconnectés.

Afin de mettre au jour le potentiel des curriculums et des manuels scolaires du Bénin, du Maroc et de la Tunisie à développer la pensée algébrique, nous nous sommes appuyés sur le modèle praxéologique de référence de la pensée algébrique (MPRPA) élaboré par Jeannotte et al. (2020), et adapté par Najar et ses collègues (2021) pour répondre aux objectifs spécifiques de notre recherche.

Pour atteindre les objectifs de notre recherche, notre méthodologie a consisté, en premier lieu à analyser les programmes et manuels scolaires dans les trois pays cibles de la recherche. Nous avons ensuite enquêté sur les raisonnements mobilisés par les élèves dans la résolution de problèmes de comparaison et de généralisation. Finalement, nous avons soumis à des échantillons d'enseignants dans chacun des trois pays un questionnaire qui vise à enquêter sur leur sensibilité au développement de la pensée algébrique.

Les travaux réalisés montrent que les trois pays recourent à une approche transitionnelle, l'algèbre est ainsi introduite officiellement durant la première année du collège sur la base des apprentissages réalisés par les élèves au primaire. Les programmes des trois pays accordent une importance, très grande dans le cas du Bénin, aux tâches de calcul, au primaire et au collège. L'apprentissage du calcul algébrique semble être au cœur de l'apprentissage de l'algèbre. Les tâches de généralisation sont les moins fréquentes dans les programmes du primaire et du

collège des trois pays, alors que la généralisation est une voie importante pour l'entrée en algèbre. Les tâches de modélisation sont bien présentes dans les programmes marocains, encore plus dans le programme tunisien. Cette forte présence relative semble être motivée par l'importance donnée à la contextualisation par ces programmes, et à la résolution de problèmes à contexte. Cependant, le potentiel de développement de la pensée algébrique par le biais de tâches de modélisation ne semble pas être concrétisés. L'introduction du calcul littéral et l'apprentissage de la mécanique du calcul algébrique semblent faire obstacle à exploiter ce potentiel.

La recherche montre d'un autre côté que les élèves possèdent des compétences pour développer des raisonnements de type analytique et qu'il existe chez les enseignants des éléments exploitables qui peuvent être utilisés en vue du développement de la pensée algébrique chez les élèves. La recherche soulève en même temps la nécessité d'une formation initiale et continue des enseignants en vue de les accompagner dans la mise en place d'un enseignement qui favorise le développement de la pensée algébrique, tout en enrichissant et en renforçant les contenus des manuels scolaires et les connaissances des élèves en arithmétique dès les premières années du primaire.

Les travaux réalisés dans le cadre de ce projet ont fait l'objet de 2 publications dans des revues scientifiques internationales à comité de lecture et de 9 communications dans des conférences internationales. Les textes de ces communications sont soumis pour publication dans les actes desdites conférences.

3. RAPPORT SCIENTIFIQUE

3.1. Enjeux sociaux et scientifiques de la recherche, état de l'art, problématique générale et questions explorées

Dans la plupart des pays du monde, l'algèbre occupe une place centrale dans les mathématiques du secondaire. Elle constitue en quelque sorte un filtre pour l'accès à des études post-secondaires. Cependant, l'algèbre enseignée est réputée être un sujet scolaire difficile (Küchemann 1981, Booth 1984). Ce fait devient encore plus évident lorsqu'il s'agit d'enseigner l'algèbre à tous les élèves. Plusieurs chercheurs parlent de ruptures épistémologique et institutionnelle pour décrire les discontinuités curriculaires et les oppositions qui marquent le passage de l'arithmétique du primaire à l'algèbre du secondaire. Le courant Early Algebra (Kaput, 1998 ; Carraher, 2007 ; Kieran et al. 2004, Squalli et al. 2011), apparu vers la fin des années 90, propose une stratégie novatrice pour initier les élèves dès le primaire à la pensée algébrique et développer chez eux des compétences qui pourraient permettre une meilleure accessibilité à l'algèbre au début du collège. Et ce, en apportant plus de profondeur et de cohérence aux contenus mathématiques enseignés au primaire, sans chercher à ajouter de nouveaux contenus ni à faire usage du symbolisme algébrique. Ce courant a influencé les curriculums des mathématiques aux écoles primaires et secondaires dans plusieurs pays, comme

aux États Unis, au Canada, en Chine, en Australie, ...

Aux Bénin, Maroc et Tunisie, on continue à enseigner l'arithmétique et l'algèbre par la voie classique. L'arithmétique est ainsi considérée comme un prérequis à l'apprentissage de l'algèbre, et l'algèbre est enseigné comme une généralisation de l'arithmétique. Filloy et Rojano (1989) considèrent que cette manière de faire pourrait entraîner une coupure le long de la ligne d'évolution d'une pensée arithmétique à une pensée algébrique chez l'élève.

Adoptant la perspective Early Algebra, nous postulons que le développement de la pensée algébrique dès le primaire apporte une cohérence et une profondeur au curriculum, et favorise une transition harmonieuse entre un mode de pensée arithmétique et un mode de pensée algébrique, ce qui facilitera le passage du primaire au collège.

Notre projet poursuit trois objectifs : (1) Faire une analyse du savoir à enseigner dans les programmes et les manuels scolaires du Bénin, du Maroc et de la Tunisie afin de rendre compte de la manière dont ces programmes préparent les élèves du primaire à l'algèbre du collège. (2) Documenter les raisonnements mobilisés par les élèves de la dernière année du primaire et de la première année du collège dans la résolution des problèmes de comparaison et de généralisation. (3) Documenter les pratiques déclarées des enseignants du primaire et du collège en regard d'activités de résolution des problèmes de comparaison et de généralisation.

Pour atteindre ces objectifs, nous partons de l'hypothèse suivante :

Il existe dans les curricula des mathématiques du Bénin, du Maroc et de la Tunisie des opportunités et une potentialité qui pourraient, via des pratiques enseignantes adéquates, atténuer les difficultés des élèves dans la transition arithmétique-algèbre.

En vue de vérifier cette hypothèse, notre recherche vise à répondre aux questions suivantes :

- 1) Quels sont les activités présentes dans les manuels officiels de la dernière année du primaire et de la 1^{ère} année de collège qui favorisent le développement la pensée algébrique chez les élèves ? Quel est le potentiel algébrique de ces activités, et comment la transition arithmétique/algèbre se caractérise-t-elle du point de vue de la représentativité de ces activités ?
- 2) Comment se caractérisent les raisonnements mobilisés par les élèves dans la résolution des problèmes de comparaison et de généralisation, et quelles sont leurs prédispositions à développer un raisonnement algébrique dans la résolution de tels problèmes ?
- 3) Les enseignants disposent-ils des connaissances essentielles pour soutenir et développer la pensée algébrique des élèves ?

Notre projet vise alors à mettre au jour le potentiel des curricula des trois pays à développer la pensée algébrique chez les élèves et à décrire la manière dont chacun des pays préparent ses élèves à l'entrée dans l'algèbre.

3.2. Approche scientifique et technique

La recherche repose sur trois cadres conceptuels de la didactique des mathématiques.

- 1) La perspective Early Algebra qui met l'accent sur le développement de la pensée algébrique dès le primaire sans usage du langage conventionnel de l'algèbre (Kaput 1998, Carraher 2007, Kieran et al. 2004, Squalli et al., 2011). Sur le plan opératoire, la pensée algébrique se déploie au moyen de : (a) un ensemble de raisonnements particuliers (comme généraliser, raisonner de manière analytique, symboliser et opérer sur des symboles ; exprimer, interpréter, raisonner sur des relations entre variables, raisonner en termes de structures, etc.) ; (b) des manières d'approcher des concepts en jeu dans les activités algébriques (comme voir l'égalité comme une relation d'équivalence, voir une expression numérique comme un objet en soi, etc.) ; (c) des modes de représentation et des manières d'opérer sur ces représentations.

- 2) La Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) (Chevallard 1998) qui offre un moyen de modéliser en termes de praxéologies (type de tâches, techniques, technologies, théorie) le savoir enseigné ou à enseigner. L'analyse de ce savoir suppose de s'appuyer sur un modèle praxéologique de référence (MPR) (Larguier et Bronner 2015) de la préparation à l'entrée dans l'algèbre dès l'école primaire. Le modèle utilisé dans notre recherche est une version affinée de celle proposée par Jeannotte et al. (2020) de manière à répondre aux objectifs des analyses envisagées dans notre recherche. Ce modèle est structuré autour de trois praxéologies mathématiques régionales (PMR) : (a) Généralisation, (b) Modélisation, (c) Calcul. Chacune de ces PMR se décline en praxéologies mathématiques locales (PML) puis en praxéologie mathématiques ponctuelles (PMP).

La PMR Généralisation se décline ainsi en deux PML : Généraliser des régularités et Généraliser des règles, des formules, des lois et des algorithmes.

La PMR Modélisation se décline en trois PML : Modéliser des situations intra ou extramathématiques par des expressions numériques ; Modéliser des situations intra ou extramathématiques par des équations et Modéliser des situations intra ou extramathématiques par des fonctions.

La PMR Calcul quant à elle se décline en deux PML : Calculer sur des expressions numériques et Calculer sur des expressions algébriques (cf. Annexes 1).

- 3) Le troisième cadre conceptuel de notre recherche concerne la notion de pratiques des enseignants au sens de Robert et Rogalski (2002). Cette notion servira pour étudier la sensibilité des enseignants aux caractéristiques algébriques des situations porteuses et des démarches mobilisées par les élèves pour résoudre des problèmes déconnectés.

Pour répondre aux trois questions de recherche (voir section 3.1), trois opérations de collecte et d'analyse de données ont été réalisées. La première est relative à un état des lieux du contexte institutionnel de l'enseignement de l'algèbre au Bénin, au Maroc et en Tunisie. Plus précisément, il s'agit, dans chacun des trois pays, d'identifier les types de tâches présents dans les manuels officiels de la dernière année du primaire et de la 1^{ère} année du collège, et d'analyser ces types de tâches du point de vue de leur potentiel algébrique (cf. Annexes 2 et 3). La deuxième opération vise à enquêter sur les prédispositions des élèves dans chacun des trois pays à développer un raisonnement algébrique. Cette phase est réalisée sur la base d'un questionnaire comportant des problèmes soumis aux élèves de la fin du primaire et du début du collège (cf. Annexes 4, 5 et 6). Les réponses des élèves à ces problèmes sont analysées et caractérisées selon leur degré d'analyticité et la nature des registres sémiotiques mis en œuvre (cf. Annexes 7 et 8).

Finalement, la troisième opération consiste à recueillir les réponses des enseignants à un questionnaire visant à évaluer leur sensibilité au développement de la pensée algébrique au travers des démarches d'élèves mobilisées pour la résolution de problèmes spécifiques choisis (cf. Annexes 9 et 10).

Chacune de ces opérations comprend cinq étapes.

- 1) La construction des outils théoriques de collecte des données (protocole de collecte des données, questionnaire, analyse a priori, protocole d'analyse, canevas du rapport des résultats). Cette étape est réalisée par l'équipe canadienne, qui agit comme expert scientifique du projet, avec la collaboration des coordonnateurs des équipes nationales.
- 2) La formation des membres des équipes nationales pour une bonne assimilation des outils théoriques élaborés. L'organisation et la répartition des tâches de l'opération de collecte des données entre les différents membres de chacune des équipes nationales. Cette étape est réalisée par les membres des équipes nationales et pilotée par leurs coordonnateurs respectifs. Au besoin, des membres de l'équipe canadienne interviennent dans les réunions des équipes nationales comme référents scientifiques.
- 3) La réalisation de la collecte des données. Cette étape est réalisée par les membres des équipes nationales et pilotée par leurs coordonnateurs respectifs.
- 4) L'analyse et l'interprétation des données. La rédaction des rapports. Cette étape est réalisée par les membres des équipes nationales, pilotée par les coordonnateurs et supervisée par les référents scientifiques de l'équipe canadienne.

A l'issue de la troisième enquête, l'équipe projet a fait la synthèse des travaux réalisés au cours des trois années du projet, a dégagé les conclusions et répondu à la question générale de la recherche.

3.3. Résultats obtenus

Nous présentons ici un résumé des résultats de la recherche. Pour plus de détails sur ces résultats, veuillez consulter les annexes 34 à 36.

Notre projet a fixé pour objectif d'analyser la manière dont les programmes des trois pays (Bénin, Maroc et Tunisie) favorisent la transition arithmétique algèbre dans le passage de l'école primaire au collège, et ce à travers l'analyse des programmes et manuels scolaires, l'étude de la prédisposition des élèves à développer un raisonnement algébrique, ainsi que la sensibilité des enseignants aux facteurs qui favorisent le développement de la pensée algébrique.

L'analyse des programmes et manuels scolaires montrent qu'au Bénin, l'environnement praxéologique des tâches proposées dans les manuels de 6ème année du primaire et de 1ère année du collège sont majoritairement des tâches de calcul (resp. 81% et 80%) avec un potentiel algébrique nul pour la plupart des tâches (environ 91% au primaire et 96% au collège). Les tâches relevant de la PMR Modélisation restent toutefois présentes (avec environ 18% au primaire (toutes de potentiel algébrique faible) et 13% au collège, dont 66,7% de potentiel algébrique non nul. Ce constat nous amène à considérer qu'au Bénin, les contenus des manuels scolaires des classes de 6ème année du primaire et de 1ère année du collège, constituent un milieu faiblement favorable pour le développement de la pensée algébrique.

Au Maroc, les résultats nous amènent à considérer que les types de tâches relatifs aux PMRs Modélisation et Calcul, proposés dans les manuels des classes de 6ème année du primaire et de 1ère année du collège sont les plus représentées (86% au primaire et 98% au collège), avec une prédominance des tâches de calcul au collège (74%). Nous soulignons également que pour les tâches des PMRs Modélisation et Calcul, 68% sont de potentiel algébrique non nul au primaire, dont 22% de potentiel fort et 75% de tâches de potentiel algébrique non nul au collège, dont 49% de potentiel fort. Ceci laisse entrevoir que les activités de modélisation et de calcul pourraient constituer un environnement favorable pour le développement de la pensée algébrique lors de la transition primaire/collège. Nous notons également une représentativité non négligeable de la PMR Généralisation au primaire (14%, dont 47% de potentiel algébrique non nul).

En Tunisie, l'analyse des manuels nous amène à considérer qu'il y a une certaine continuité lors du passage du primaire au collège. En effet, les types de tâches relatifs aux PMRs Modélisation et Calcul sont convenablement représentés dans les manuels de 6ème année du primaire et de 1ère année du collège, avec une légère dominance des tâches de Modélisation au primaire. Ceci laisse entrevoir que les tâches de modélisation et les activités de calcul réfléchi présentent un potentiel algébrique et pourraient constituer un milieu favorable pour le développement de la pensée algébrique chez les élèves. Les activités de Généralisation, au primaire comme au collège, restent faiblement représentées (respectivement 5% et 7%) et ne constituent pas un objectif d'enseignement. Cependant, nous notons l'émergence de tâches de généralisation en 1ère année du collège, avec un potentiel non nul important, ce qui pourrait représenter un

levier important pour le développement de la pensée algébrique.

Du côté de la prédisposition des élèves à développer un raisonnement algébrique dans la résolution des problèmes de comparaison et de généralisation, les résultats de l'enquête élèves montrent qu'au Maroc, les élèves, tant au primaire qu'au collège, réussissent d'élaborer des raisonnements qui devancent des raisonnements de type arithmétique et que les raisonnements à tendance algébrique, bien que peu représentées, sont présentes. Nous notons en même temps que le raisonnement algébrique est plus convoqué chez les élèves du primaire, malgré que ces élèves n'aient pas reçu un enseignement de l'algèbre conventionnelle. Ce constat conduit à conclure qu'une introduction rapide de l'algèbre par le calcul algébrique en première année du collège ne semble pas favoriser le développement d'une pensée algébrique chez les élèves.

Au Bénin, l'analyse des raisonnements des élèves dans les problèmes de comparaison montre que ces raisonnements sont majoritairement arithmétiques au primaire (86,8%) comme au collège (97,6 %). Alors que pour les problèmes de généralisation, on constate que le taux d'utilisation du raisonnement arithmétique chute lorsque l'on passe de la dernière année du primaire (84,6%) à la première année du collège (42,92%) tandis que celui du raisonnement algébrique croît (15,40% au primaire et 57,08% au collège). Nous notons que ces raisonnements sont exprimés essentiellement dans le registre numérique pour les deux niveaux scolaires. Cela pourrait s'expliquer par la mise en place progressive des éléments pour l'introduction formelle de l'algèbre au collège.

En Tunisie, les résultats obtenus témoignent de la prégnance du raisonnement arithmétique mobilisé par les élèves du primaire pour résoudre des problèmes de comparaison, les raisonnements à tendance arithmétique et algébrique restent minoritaires. Pour les problèmes de généralisation, les analyses montrent une prédisposition des élèves du primaire à développer un processus de généralisation via le registre numérique ou intermédiaire. Pour les élèves du collège, on constate que plus de 40% des élèves ont manifesté un raisonnement de nature algébrique. Cela n'empêche pas de remarquer la persistance des techniques arithmétiques de manière remarquable et que le raisonnement à tendance analytique est le moins utilisé et apparaît stable pour les deux niveaux scolaires. Cela amène à considérer que les élèves sont incapables de mobiliser des raisonnements arithmétiques sophistiqués (raisonnements à tendance analytique) sur lesquelles l'enseignant peut s'appuyer pour introduire la pensée algébrique.

Pour ce qui est des pratiques déclarées des enseignants et leurs connaissances à propos du développement de la pensée algébrique chez les élèves, les analyses montrent qu'au Bénin, les enseignants n'ont pas de connaissances en acte de l'effet des problèmes déconnectés sur la création de situations porteuses d'apprentissage. Cette tendance diminue en passant du primaire au collège. Une grande proportion des enseignants du primaire ne possède pas suffisamment de connaissances pour amener les élèves à développer une pensée algébrique.

Au Maroc, les analyses montrent que la grande majorité des enseignants, tant au primaire qu'au collège, sont peu sensibles à l'enjeu de l'analyticité dans la résolution de problèmes de comparaison. L'impact de l'insuffisance de la formation didactique des enseignants est très visible dans leurs réponses au questionnaire.

En Tunisie, les résultats de l'enquête enseignants font apparaître également une insuffisance du côté des connaissances des enseignants en lien avec le développement de la pensée algébrique. Plusieurs d'entre eux sont ainsi insensibles à la structure des problèmes déconnectés, au degré d'analyticité du raisonnement et à l'effet du registre sémiotique utilisé sur le type de raisonnement produit.

En guise de conclusion, et en vue d'améliorer la transition arithmétique algèbre dans les trois pays cibles de la recherche, nous formulons ici les enjeux qui nous semblent les plus essentielles de formation des enseignants et d'orientations curriculaires.

Recommandations en matière de formation des enseignants

La formation des enseignants nous semblent un enjeu essentiel si l'on désire améliorer la transition arithmétique algèbre dans le cas des trois pays.

Nos recommandations en lien avec la formation initiale et continue des enseignants du primaire et du collège :

➤ Amener les enseignants à prendre conscience de l'importance de l'activité de généralisation :

La généralisation est au cœur de l'activité mathématique. La plupart des faits mathématiques sont généraux.

La généralisation est un processus essentiel dans la construction des connaissances mathématiques.

Le développement de la généralisation chez les élèves doit être explicitement visé dans l'enseignement.

L'apprentissage de la généralisation demande du temps. Les élèves doivent être encouragés à conjecturer des généralités et à tenter de les justifier à chaque fois que l'occasion se présente.

L'apprentissage de la généralisation s'accompagne de l'apprentissage de l'argumentation et prépare à la pratique de la preuve.

➤ Amener les enseignants à prendre conscience des caractéristiques de la pensée algébrique (caractère analytique des raisonnements, raisonner en termes de structures, enrichir les significations des concepts (nombre, opération, égalité, équation, inconnue, variable, etc.)).

➤ Amener les enseignants à voir l'algèbre comme une manière de penser et non exclusivement comme un calcul.

➤ Amener les enseignants à proposer des activités amenant les élèves, dès l'école primaire et avant l'entrée en algèbre du collège, à :

- ✓ Réfléchir sur le calcul.
- ✓ Prendre conscience des opérations et de leurs propriétés.
- ✓ Enrichir leurs stratégies numériques.
- ✓ Penser de manière analytique (opérer sur l'inconnue).
- ✓ Généraliser (pressentir des régularités, les formuler et les justifier).
- ✓ Passer progressivement du langage naturel à un langage de plus en plus

formel.

Recommandations au plan curriculaires

- Utiliser le développement précoce de la pensée algébrique, c'est à dire dès les premières années du primaire, comme une stratégie pour enrichir les programmes de mathématiques du primaire et du collège. Dans ce sens, notre modèle praxéologique de référence pourrait servir comme cadre de référence pour enrichir les programmes et les manuels scolaires par des types de tâches favorisant le développement de la pensée algébrique.
- Dans une vision à plus long termes, encourager des études pour préparer des curriculums de nouvelle génération, c'est-à-dire, structurés comme des trajectoires coordonnées de différentes formes de la pensée mathématique (pensée arithmétique, pensée algébrique, pensée géométrique, pensée statistique, pensée probabiliste, pensée algorithmique) depuis le début du primaire jusqu'à la fin du collège.

3.4. Discussion

Notre recherche présente un cadre pour analyser la transition arithmétique-algèbre lors du passage du primaire au collège. Ce cadre est original pour au moins deux raisons.

La première provient d'une analyse praxéologique (Chevallard 1998) de programmes basés sur une approche transitionnelle entre l'arithmétique et l'algèbre à l'aide d'un cadre d'analyse basés sur les travaux de recherche de la perspective Early Algebra (EA) (Kieran, 2004). Ces deux perspectives semblent a priori incohérentes. En effet, dans le cas des approches transitionnelles comme celles adoptés par les programmes des trois pays analysés, l'apprentissage de l'algèbre est perçu comme devant venir après celui de l'arithmétique. L'algèbre est alors introduite au collège après que les élèves ont eu acquis une bonne base en arithmétique à l'école primaire. Le passage de l'école primaire au collège est marqué par le passage de l'arithmétique à l'algèbre. L'entrée en algèbre se fait par l'entrée au calcul littéral. L'apprentissage de l'algèbre se poursuit par l'apprentissage de la mécanique du calcul algébrique. La perspective que nous adoptons approche EA comme une stratégie d'algébrisation des mathématiques du primaire qui vise l'enrichissement des mathématiques de ce cycle d'enseignement. L'accent est mis sur le développement, sur une longue période, de la pensée algébrique mais également d'autres formes de la pensée mathématique, notamment la pensée arithmétique. Cette stratégie favorise l'enrichissement des mathématiques du primaire au plan de la conceptualisation, des raisonnements ; ainsi que des modes de représentation et d'opération sur ces représentations (Squalli, 2020). La pertinence d'utiliser un cadre d'analyse d'Early Algebra pour analyser la transition arithmétique algèbre de programmes basés sur une approche transitionnelle classique tient de notre hypothèse de travail suivante :

La transition arithmétique algèbre a lieu en situation lorsque l'élève passe d'un mode de pensée arithmétique à un mode de pensée algébrique. Cela revient à

étudier les opportunités offertes à l'élève pour favoriser le développement de sa pensée algébrique. Cette approche nous a permis alors d'exploiter toute la richesse des connaissances développées par les recherches portant sur le développement de la pensée algébrique.

Une seconde raison tient à l'articulation d'un cadre essentiellement anglo-saxon, celui de Early Algebra, avec l'analyse praxéologique de la Théorie anthropologique du didactique (TAD) (Chevallard 1998) un cadre de la didactique française. Cette articulation s'est particulièrement exprimée dans l'élaboration d'un Modèle Praxéologique de Référence de la Pensée Algébrique (MPRPA), original, qui a permis d'analyser de manière fine le potentiel à développer la pensée algébrique, et donc le potentiel d'une transition féconde entre arithmétique et algèbre, de programmes adoptant une approche transitionnelle. Le cadre d'analyse élaboré a permis d'identifier certaines insuffisances qui caractérisent les curriculums et les ressources étudiées, pour la préparation des élèves du primaire à l'entrée à l'algèbre. L'étude a également permis de mettre en évidence le potentiel du développement de la pensée algébrique qui caractérise certaines situations d'apprentissage contenues dans les manuels scolaires analysés.

Ce travail s'ouvre sur plusieurs perspectives de recherche et de développement curriculaire. En effet, cette étude a ouvert un chantier de recherche que les équipes nationales des trois pays cibles de la recherche pourraient poursuivre. Les enquêtes auprès des élèves et des enseignants ont été réalisés dans cette recherche comme sources d'informations complémentaires à l'analyse des programmes et manuels scolaires. Elles ont une portée limitée et pourraient être reprises de manières plus approfondies.

Le projet a étudié la transition arithmétique algèbre au moment de la transition institutionnelle du primaire au collège. Or le cadre d'analyse permet également l'analyse de la transition arithmétique - algèbre à partir des premières années du primaire jusqu'à la fin du collège.

L'approche Early Algebra ouvre la perspective à des curriculums d'une nouvelle génération, organisés selon des trajectoires coordonnées de différentes formes de la pensée mathématique de manière continue du primaire à la fin du secondaire. Elle amène avec elles des questions qui restent, nous semble-t-il, encore ouvertes (Squalli, 2020) :

- Le développement précoce de la pensée algébrique en concomitance avec celui de la pensée arithmétique permet-il d'éviter les conflits conceptuels, les discontinuités et ruptures entre les modes de pensées arithmétique et algébrique documentés par les recherches sur la transition arithmétique-algèbre ?
- Comment organiser le développement de la pensée algébrique selon une trajectoire continue du primaire à la fin du collège ?
- Comment articuler cette trajectoire de manière cohérente avec celles du développement d'autres formes de la pensée mathématique ?
- Qu'est-ce que l'on perd lorsqu'on passe d'un curriculum basé sur une approche transitionnelle à un curriculum basée sur une algébrisation précoce ?

Cette étude a impliqué une vingtaine de chercheurs provenant de quatre pays, avec des systèmes éducatifs différents, pour étudier des enjeux autour du

développement de la pensée algébrique. Tout travail de collaboration entre des chercheurs de traditions de recherche différentes, travaillant en majorité à distance, selon un échéancier serré considérant l'ampleur de la recherche, apporte son lot de défi, mais également des occasions de co-formation. Le travail d'acquisition des outils de recherche a nécessité un temps et un investissement important de la part des membres de l'équipe canadienne et des trois coordonnateurs nationaux. La collaboration des spécialistes Béninois, Marocains et Tunisiens renforcera les partenariats existants. La recherche servira de référence à la mise en place de dispositifs de formation continue et de collaboration avec les praticiens des milieux scolaires.

Les résultats de la recherche auront des impacts sur la formation des enseignants par la mise en œuvre de nouvelles connaissances sur l'apprentissage et l'enseignement de l'algèbre. Les résultats aideront les formateurs en formation initiale et continue à mettre l'emphase, auprès des étudiants, sur la nécessité d'axer l'enseignement et l'apprentissage sur le développement de différentes formes de la pensée mathématique.

3.5. Références bibliographiques

- Booth, L. (1984). Algebra: children's strategies and errors. Windsor: NFERNELSON.
- Carraher, D. W. et Schliemann A. (2007). Early algebra and algebraic reasoning. In F. Lester, K. (Ed.), *Second handbook of research on mathematics teaching and learning* 669-705. Greenwich, CT: Information Age Publishing.
- Chevallard, Y. (1998). Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : L'approche anthropologique. *Actes de l'université d'été de la rochelle*, juillet 1998, 1-29.
- Fillooy, E. et Rojano, T. (1989). Solving equation: The transition from arithmetic to algebra. *For the Learning of Mathematics*, 9(2), 19-25.
- Jeannotte, D., Squalli, H. et Robert, V. (2020). Highlighting the potential for developing early algebraic thinking : a praxeological framework of reference. Communication présentée au *14th International Congress of Mathematical Education*. 12-19 Juillet 2020, Shangai, China.
- Kaput, J.J. (1998). Transforming algebra from an engine of inequity to an engine of mathematical power by «algebrafying» the K-12 curriculum. *Proceedings of a National Symposium, May 27 and 28, 1997. The Nature and Role of Algebra in the K-14 Curriculum*, 25-26. Washington, D.C. National Academy Press.
- Kieran, C. 2004. Algebraic Thinking in the Early Grades: What Is It? *The Mathematics Educator*, 8(1), 139-151.
- Küchemann, D. (1981). Algebra. In K. M. Hart (Ed.), *Children's Understanding of Mathematics* (pp. 102-119). London: John Murray.

Larguier, M. et Bronner, A. (2015). Première rencontre avec l'algèbre . In Theis L. (Ed.) *Pluralités culturelles et universalité des mathématiques : enjeux et perspectives pour leur enseignement et leur apprentissage – Actes du colloque EMF2015 – GT3*.

Robert, A. et Rogalski, J. (2002). Le système complexe et cohérent des pratiques des enseignants de mathématiques: une double approche. *Canadian Journal of Math, Science & Technology Education*, 2(4), 505-528. Squalli, H., Mary, C. et Marchand, P. 2011. Orientations curriculaires dans l'introduction de l'algèbre: cas du Québec et de l'Ontario. *Recherches et expertises pour l'enseignement scientifique* (1), 65-78. De Boeck Supérieur.

Squalli, H., Jeannotte, D., Koudogbo, J. et Robert., V. (2019) *Analyse du potentiel du développement de la pensée algébrique dans le programme de formation de l'école québécoise*. Communication présentée dans Working group 3 : Teaching for connections and understanding. CIEAEM-71, Braga, 22 - 26 juillet (2019).

4. IMPACT DU PROJET

4.1. Indicateurs d'impact scientifique

4.1.1. Nombre de publications et de communications

Nature	Nombre
Articles dans une revue scientifique internationale à comité de lecture	1
Articles dans une revue scientifique nationale à comité de lecture	
Ouvrages ou chapitres d'ouvrage	
Articles dans une revue professionnelle (ou d'interface)	
Communications dans une conférence d'audience internationale	9
Communications dans une conférence d'audience nationale	1
Autre publications (Actes de colloque parus et à paraître)	9

4.1.2. Autres valorisations scientifiques

Dans le cadre du suivi des travaux du projet, trois séminaires internationaux ont été organisés dans les trois pays-cibles de la recherche.

1) Un séminaire tenu à Hammamet, en Tunisie, les 12, 13 et 14 août 2022.

Ce premier séminaire avait pour principaux objectifs de s'approprier les dimensions du projet à travers une formation action des membres des équipes nationales et de discuter les critères à adopter pour l'analyse des pratiques enseignantes. Ce séminaire avait regroupé 16 chercheurs des quatre équipes participantes au projet.

2) Un séminaire tenu à Cotonou, au Bénin, les 17 et 18 décembre 2022. Ce séminaire avait pour principaux objectifs le suivi et la coordination des travaux des équipes nationales concernant la réalisation de l'enquête sur les pratiques des enseignants et la formation des participants autour du protocole d'analyse de cette enquête. Ce séminaire avait regroupé 11 chercheurs des quatre équipes

participantes au projet.

3) Un séminaire tenu à Rabat, au Maroc, les 6-7 et 8 mars 2023. Ce troisième et dernier séminaire avait pour principaux objectifs de discuter les analyses et résultats des trois enquêtes réalisées au Bénin, au Maroc et en Tunisie, de réfléchir autour des conclusions et des synthèses des résultats obtenus, ainsi que sur l'exploitation des résultats et la formulation de recommandations curriculaires et de formation des enseignants à la lumière des résultats et conclusions établis.

Par ailleurs, et dans le cadre des activités de diffusion des résultats de notre recherche, les membres de l'équipe projet avaient participé à quatre colloques internationaux. Des communications orales portant sur le projet et les résultats de la recherche ont été présentées dans chacun de ces colloques (pour les communications, voir la section 4.3) :

1) 3^{ème} Colloque International sur la Formation et l'Enseignement des Mathématiques et des Sciences (CIFEM'2020), tenu en ligne les 26, 27 et 28 octobre 2020. Le colloque est organisé par le Centre Régional des Métiers de l'Education et de la Formation, Casablanca-Settat, Section provinciale d'El Jadida, Maroc. <https://cifem2020.sciencesconf.org/>

Participants : Najar Ridha, Squalli Hassane Abouhanifa Said et Adihou Adolphe.

2) 6^{ème} colloque OIPA 2021, tenu en ligne du 17 au 20 mai 2021.

Le colloque est organisé par la Faculté des sciences de l'UQAM, Montréal, et l'Observatoire International de la Pensée Algébrique (OIPA).

Participants : Ben Nejma Sonia, Abouhanifa Said, Eugène Oké, Najar Ridha, Squalli Hassane et Adihou Adolphe. <https://www.oipa.education/colloque-de-loipa-6>

3) Colloque international ADIMA3 tenu à Hammamet en Tunisie du 15 au 20 août 2022. Le colloque est organisé par l'Association de Didacticiens des Mathématiques Africains. <https://adima3.sciencesconf.org/>

Participants : Faten Khalloufi-Mouha, Sonia Ben Nejma, Fadhel Adel, Ridha Najar, Donatien Sogbavi, Eugène Oké, Gervais Affognon, Florent Gbaguidi, Said Abouhanifa, Hassane Squalli.

4) Colloque International EMF2022, tenu à Cotonou du 12 au 16 décembre 2022. Le colloque est organisé par l'Espace Mathématique Francophone (EMF), qui est une organisation régionale affiliée à la Commission Internationale de l'Enseignement Mathématique (ICMI). <https://sites.google.com/imspace-uac.org/emf2022/?pli=1>

Participants : Faten Khalloufi-Mouha, Sonia Ben Nejma, Eugène Oké, Gervais Affognon, Florent Gbaguidi, Said Abouhanifa, Hassane Squalli, et Adolphe Adihou.

Finalement, une communication orale portant sur le projet a été présentée au colloque (national) de l'ATDM 2023 (Association Tunisienne de Didactique des Mathématiques) (cf. section 4.3).

4.2. Indicateurs d'impact institutionnel

Dans le cadre des activités de diffusion des résultats de notre recherche, l'équipe projet avait publié un article dans une revue scientifique internationale à comité de lecture (RQDM2022), un article dans les actes d'un colloque international à comité de lecture (CIFEM'2020), avait présenté neuf communications dans des colloques internationaux et une conférence dans un colloque national (voir les titres des publications et des communications dans la section 4.3).

Cela dit, après la fin du projet, l'équipe projet envisage de publier un ouvrage spécial portant sur l'ensemble des travaux réalisés dans le cadre du projet. Nous envisageons également de participer au colloque international ADIMA4, qui se tiendra du 20 au 24 mai 2024 au Maroc et y présenter des communications portant sur les résultats et conclusions de notre recherche. Des publications dans des revues scientifiques sont également envisagées. D'un autre côté, et à la lumière des résultats de la recherche, des recommandations seront formulées pour éclairer les décideurs et les instances officielles en ce qui concernent les choix ou orientation à prendre en vue d'améliorer les programmes et les pratiques enseignantes, comme en matière de formation initiale et continue des enseignants et des formateurs. Il est également prévu, que les coordonnateurs nationaux, avec les membres de leur équipes, organiseront, dans leurs pays respectifs, des rencontres ou des séminaires de restitution des résultats au profit des différents acteurs concernés par l'enseignement des mathématiques (inspecteurs, conseillers pédagogiques, enseignants, formateurs, chercheurs).

4.3. Liste exhaustive des publications et communications

Publications

Revue scientifique internationale à comité de lecture

Ben Nejma, S., Abouhanifa, S., Oké, E., Najjar, R., Squalli, H. Et Adihou A. (2022). Transition primaire-collège au Bénin, Maroc et Tunisie : analyse du savoir à enseigner relatif au développement de la pensée algébrique dans les manuels de 6^e année primaire. *Revue québécoise de didactique des mathématiques (RQDM)*, Numéro thématique 2, Volume 1, 59-95. <https://rqdm.recherche.usherbrooke.ca/ojs/ojs-3.1.1-4/index.php/rqdm/article/view/52/41> (cf. Annexe 11)

Actes de colloques

Najjar, R., Squalli, H., Adihou, A. et Abouhanifa, S. (2021). Transition primaire-collège au Bénin, Maroc et Tunisie : Pour un état des lieux, comparaison et perspectives

de l'enseignement de l'arithmétique et de l'algèbre. In, *Approches pédagogiques et didactiques pour l'enseignement des mathématiques ITM Web of Conferences* 39, 01004 (2021) <https://doi.org/10.1051/itmconf/20213901004> (cf. Annexe 12)

Khalloufi-Mouha, F., Ben Nejma, S., Adel, F., et Najjar, R. (à paraître). Analyse du rapport institutionnel relatif à l'activité de modélisation dans la transition primaire collège en Tunisie. Actes du colloque international ADIMA3. Hammamet, Tunisie 15-20 aout 2022. (cf. Annexe 13)

Oké, E., Affognon, G., Sogbavi, D., et Gbaguidi, F. (à paraître). Enseignement de l'arithmétique et de l'algèbre au Bénin : analyse des prescriptions institutionnelles. Actes du colloque international ADIMA3. Hammamet, Tunisie 15-20 aout 2022. (cf. Annexe 14)

Abouhanifa, S., Squalli, H., Seddoug, B., Haddad, S., Anassay, S., Mesouaki H., et Ennassiri, B. (à paraître). Rapport institutionnel de l'activité modélisation relativement au développement de la pensée algébrique dans la transition primaire-collège au Maroc. Actes du colloque international ADIMA3. Hammamet, Tunisie 15-20 aout 2022. (cf. Annexe 15)

Squalli, H., Najjar, R., et Adihou, A. (à paraître). Le développement de la pensée algébrique comme fondement d'un cadre d'analyse de la transition arithmétique algèbre. Actes du colloque international EMF2022, Cotonou, Bénin, 12-16 décembre 2022. (cf. Annexe 16)

Ben Nejma, S., Khalloufi-Mouha, F., Adel, F. (à paraître). Les problèmes de généralisation à la transition primaire-collège en Tunisie : quelles potentialités pour favoriser le développement de la pensée algébrique. Actes du colloque international EMF2022, Cotonou, Bénin, 12-16 décembre 2022. (cf. Annexe 17)

Oke, E., Affognon, G., Dossou D. P. (à paraître). Analyse des raisonnements d'élèves de sixième sur des problèmes de comparaison : une étude de cas au Bénin. Actes du colloque international EMF2022, Cotonou, Bénin, 12-16 décembre 2022. (cf. Annexe 18)

Abouhanifa, S., Squalli, H., Seddoug, B., Haddad, S., Anassay, S., Ennassiri, B., Mesouaki, H. (à paraître). Raisonnements des élèves dans la résolution de problèmes algébriques à la transition primaire/collège au Maroc. Actes du colloque international EMF2022, Cotonou, Bénin, 12-16 décembre 2022. (cf. Annexe 19)

Communications

Squalli, H., Najjar, R., Abouhanifa, S., et Adihou A. (2020). *Présentation d'un projet de recherche : Transition primaire-collège au Bénin, Maroc et Tunisie. État des*

lieux, comparaison et perspectives de l'enseignement de l'arithmétique et de l'algèbre. Communication présentée au colloque CIFEM'2020, 26-28 octobre 2020 (Web Conference). (cf. Annexe 11)

Ben Nejma, S., Abouhanifa, S., Eugène, O., Najar, R., Squalli, H., et Adihou, A. (2021). *Transition primaire-collège au Bénin, Maroc et Tunisie. Analyse du savoir à enseigner relativement au développement de la pensée algébrique dans les programmes et manuels scolaires.* Communication présentée au 6^{ème} colloque OIPA, 17-20 mai 2021 (Web Conference). <https://docs.google.com/document/d/19I8MngVmIXuOmBXUVflqyKvtLUHkh4kOuRT4zeNr5t0/edit> (p. 21-22) (Annexe 20)

Khalloufi-Mouha, F., Ben Nejma, S., Adel, F., et Najar, R. (2022). *Analyse du rapport institutionnel relatif à l'activité de modélisation dans la transition primaire collège en Tunisie.* Communication présentée au colloque international ADIMA3. Hammamet, Tunisie 15-20 aout 2022. https://adima3.sciencesconf.org/data/pages/prog_scientifique.pdf (p.14)

Oké, E., Affognon, G., Sogbavi, D., et Gbaguidi, F. (2022). *Enseignement de l'arithmétique et de l'algèbre au Bénin : analyse des prescriptions institutionnelles.* Communication présentée au colloque international ADIMA3. Hammamet, Tunisie 15-20 aout 2022. https://adima3.sciencesconf.org/data/pages/prog_scientifique.pdf (p. 16)

Abouhanifa, S., Squalli, H., Seddoug, B., Haddad, S., Anassay, S., Mesouaki H., et Ennassiri, B. (2022). *Rapport institutionnel de l'activité modélisation relativement au développement de la pensée algébrique dans la transition primaire-collège au Maroc.* Communication présentée au colloque international ADIMA3. Hammamet, Tunisie 15-20 aout 2022. https://adima3.sciencesconf.org/data/pages/prog_scientifique.pdf (p.7)

Squalli, H. (2020). Early algebra : genèse d'un domaine de recherche, évolution et perspectives In. Squalli, H., Oliveira, I., Bronner, A. et Larguier, M. (dir.). *Le développement de la pensée algébrique à l'école primaire et au début du secondaire. Recherches et perspectives curriculaires*, pp. 4-20. Québec : Livres en ligne du CRIRES. En ligne : <https://lel.crires.ulaval.ca/oeuvre/le-developpement-de-la-pensee-algebrique-lecole-primaire-et-au-debut-du-secondaire-recherches>

Squalli, H., Najar, R., et Adihou, A. (2022). *Le développement de la pensée algébrique comme fondement d'un cadre d'analyse de la transition arithmétique*

algèbre. Communication présentée au colloque international EMF2022, Cotonou, Bénin, 12-16 décembre 2022.
<https://drive.google.com/drive/folders/1gJlv0UUpMFhIKjbNuwlqTjGdL8f6etMg>

Ben Nejma, S., Khalloufi-Mouha, F., Adel, F. (2022). *Les problèmes de généralisation à la transition primaire-collège en Tunisie : quelles potentialités pour favoriser le développement de la pensée algébrique.* Communication présentée au colloque international EMF2022, Cotonou, Bénin, 12-16 décembre 2022.
<https://drive.google.com/drive/folders/1gJlv0UUpMFhIKjbNuwlqTjGdL8f6etMg>

Oke, E., Affognon, G., Dossou D. P. (2022). *Analyse des raisonnements d'élèves de sixième sur des problèmes de comparaison : une étude de cas au Bénin.* Communication présentée au colloque international EMF2022, Cotonou, Bénin, 12-16 décembre 2022.
<https://drive.google.com/drive/folders/1gJlv0UUpMFhIKjbNuwlqTjGdL8f6etMg>

Abouhanifa, S., Squalli, H., Seddoug, B., Haddad, S., Anassay, S., Ennassiri, B., Mesouaki, H. (2022). *Raisonnements des élèves dans la résolution de problèmes algébriques à la transition primaire/collège au Maroc.* Communication présentée au colloque international EMF2022, Cotonou, Bénin, 12-16 décembre 2022.
<https://drive.google.com/drive/folders/1gJlv0UUpMFhIKjbNuwlqTjGdL8f6etMg>

Ben Nejma, S. et Khalloufi-Mouha, F. (2023). *Le développement de la pensée algébrique dans une perspective de "Early Algebra" à la transition primaire/collège : Enjeux et défis institutionnels.* Communication présentée au 13^e colloque national de l'ATDM, 18-21 mars 2021, Hammamet. Tunisie. (Annexe 21)

Entretiens

Entretien publié le 28/09/2022. *Aider les élèves à passer de la pensée arithmétique à la pensée algébrique : les premiers résultats d'une recherche présentée lors du 3^{ème} Colloque de l'Association de didacticiens des Mathématiques Africains.*
<https://apprendre.auf.org/entretien-aider-les-eleves-a-passer-de-la-pensee-arithmetique-a-la-pensee-algebrique-les-premiers-resultats-dune-recherche-presentee-lors-du-3eme-colloque-de-lassociation-de-didacticiens-des-m/>

Entretien publié le 28/04/2023. *Séminaire de clôture du projet de recherche « Transition primaire-collège au Bénin, Maroc et Tunisie : État des lieux, comparaison et perspectives de l'enseignement de l'arithmétique et de l'algèbre ».*
<https://apprendre.auf.org/entretien-seminaire-de-cloture-du-projet-de-recherche->

[transition-primaire-college-au-benin-maroc-et-tunisie-etat-des-lieux-comparaison-et-perspectives-de-lenseignement-de-l/?_thumbnail_id=21929](#)

5. ANNEXES

Merci de bien vouloir joindre à votre rapport tous les documents utiles pour l'expertise du projet : protocoles de recueil de données, traitements quantitatifs, qualitatifs, données démographiques, extraits d'entretiens, de captation vidéo, audio, etc. (20 pages max.) et joindre l'ensemble des productions mentionnées dans le point 5.

5.1. Documents de travail, données, traitements, ...

Les annexes concernant les documents de travail et les protocoles de recueil de données sont mentionnés dans la section 3.2 : Annexes 1 à 10.

Les annexes 11 à 21 concernent les textes des activités de diffusion, mentionnés dans la section 4.3.

5.2. Liste exhaustive de l'ensemble des productions réalisées dans le cadre du projet

Vous pouvez préciser celles prévues lors du dépôt du projet et indiquer si elles ont été effectivement réalisées, si elles ont été abandonnées (et pourquoi). Ne pas faire figurer ici le rapport final.

Annexes 22. Résumé de l'analyse des manuels. Équipe du Maroc.

Annexes 23. Résumé de l'analyse des manuels. Équipe du Bénin.

Annexes 24. Résumé de l'analyse des manuels. Équipe de Tunisie.

Annexe 25. Analyse de l'enquête élèves. Équipe du Bénin.

Annexe 26. Analyse de l'enquête élèves. Équipe du Maroc.

Annexe 27. Analyse de l'enquête élèves. Équipe de Tunisie.

Annexe 28. Résumé de l'enquête élèves. Équipe de Tunisie.

Annexe 29. Résumé de l'enquête élèves. Équipe du Bénin.

Annexe 30. Résumé de l'enquête élèves. Équipe du Maroc.

Annexe 31. Analyse de l'enquête enseignants. Équipe du Bénin.

Annexe 32. Analyse de l'enquête enseignants. Équipe de Tunisie.

Annexe 33. Analyse de l'enquête enseignants. Équipe du Maroc.

Annexe 34. Bilan synthèse du projet. Équipe du Bénin.

Annexe 35. Bilan synthèse du projet. Équipe du Maroc.

Annexe 36. Bilan synthèse du projet. Équipe de Tunisie.