



HAL
open science

Rôles et impacts des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques : perceptions des enseignants du secondaire

Mohammed Mastafi

► To cite this version:

Mohammed Mastafi. Rôles et impacts des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques : perceptions des enseignants du secondaire. Formation et profession : revue scientifique internationale en éducation, 2020, 28, 10.18162/fp.2020.508 . hal-02459495

HAL Id: hal-02459495

<https://amu.hal.science/hal-02459495>

Submitted on 29 Jun 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License



Rôles et impacts des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques : perceptions des enseignants du secondaire

Roles and impacts of ICT on mathematics
teaching and learning: perceptions
of secondary school teachers

Mohammed **Mastafi**
Université d'Aix-Marseille (France)

doi: 10.18162/fp.2020.508



L'objectif de la recherche présentée dans le cadre de cet article vise à étudier l'impact de l'usage pédagogique des TIC sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques au Maroc. Grâce aux opinions recueillies lors des entretiens réalisées auprès de 27 enseignants de mathématiques usagers des TICE dans leurs pratiques d'enseignement secondaire, les résultats mettent en exergue trois grandes catégories d'impacts à savoir : l'amélioration de la qualité de l'enseignement, le développement des compétences des élèves en matière d'analyse, de raisonnement, de modélisation et de résolution de problèmes ainsi que l'amélioration de la réussite scolaire et enfin l'impact affectif des TICE sur les élèves vis-à-vis de leur apprentissage.

Mots-clés

TICE, impact, rôle, enseignement, apprentissage, mathématiques.

Abstract

The objective of the research presented in this article is to study the impact of the pedagogical use of ICT on mathematics teaching and learning in Morocco. Based on the opinions gathered during interviews with 27 mathematics teachers who use ICT in their secondary school practices, the results highlight three main categories of impacts: improving the quality of teaching, developing students' skills in analysis, reasoning, modelling and problem solving, as well as improving academic success and finally the emotional impact of ICT on students in their learning.

Keywords

ICT, impact, role, teaching, learning, mathematics.

Introduction et problématique

Depuis l'adoption en 2005 de la stratégie d'intégration des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans l'enseignement public marocain, les enseignants de mathématiques sont fortement incités à intégrer les TIC comme outils pédagogiques dans leurs pratiques d'enseignement. Ainsi, les programmes officiels et les différents manuels scolaires de mathématiques actuels proposent des activités incitant l'usage des ressources numériques interactives ainsi que des outils logiciels comme GeoGebra, Cabri Géomètre, le tableur Excel, etc.

Cependant, malgré ces incitations institutionnelles, la recherche que nous avons menée, entre 2011 et 2014, auprès de 1014 enseignants du primaire et du secondaire, dont 172 professeurs de mathématiques de l'enseignement secondaire, a révélé que seuls 11 % des participants manifestent un fort engagement vis-à-vis de l'usage de ces technologies dans leurs pratiques d'enseignement (Mastafi, 2014).

Certes, il existe plusieurs obstacles entravant l'intégration des TIC dans l'enseignement en général et celui des mathématiques en particulier. L'un de ces obstacles sur lequel a mis l'accent Artigue (1998) concerne le manque de conviction enregistré chez les enseignants de mathématiques vis-à-vis de l'apport éducatif de l'usage des TIC en salle de classe. En général, en absence d'expérience et/ou des références concrètes mettant en valeur l'efficacité des TIC dans l'enseignement, les enseignants hésitent toujours à investir un temps important, au détriment des programmes scolaires, dans des activités dont la pertinence reste à justifier. Dans le même sens, si l'intégration didactique des « objets informatiques » dans l'enseignement des mathématiques est importante, Chevallard (1992a), quant à lui, mettait l'accent sur le risque que cette intégration soit incomplète et les résultats obtenus sont par conséquent de faible viabilité.

Ainsi, malgré la présence de nombreux facteurs entravant l'intégration pédagogique des TIC au Maroc (Alj et Benjelloun, 2013), nous assistons à une forte implication et à une motivation accrue d'une minorité d'enseignants vis-à-vis de ce type d'usage (Mastafi, 2014). Comment expliquer alors l'intérêt de ces enseignants envers l'usage des TIC dans les pratiques enseignantes? Nous supposons que la cause la plus probable qui a amené ces enseignants à s'engager dans l'usage de ces technologies dans leurs pratiques d'enseignement est la suivante : les enseignants sont fort convaincus de l'impact positif des TIC sur l'enseignement et l'apprentissage.

Pour cela, il nous a semblé intéressant de mener cette recherche qualitative, auprès des enseignants de mathématiques usagers des TICE en salle de classe, dans l'objectif de recueillir et d'analyser leurs points de vue sur l'impact de ces technologies sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques dans le contexte éducatif marocain. Dans le cadre de cet article, nos interrogations portent essentiellement sur l'intérêt des TICE perçu par les enseignants de mathématiques usagers de ces technologies dans leurs pratiques d'enseignement : quels sont les impacts de l'usage des TICE sur les pratiques d'enseignement-apprentissage des mathématiques en général? Quels sont les impacts de l'usage des TICE sur le développement des capacités des élèves en matière d'expérimentation, d'analyse, de raisonnement, de modélisation et de résolution de problèmes? Quels sont les impacts de l'usage des TICE sur les comportements des élèves vis-à-vis de leur apprentissage? Nous nous proposons de répondre à ces questions, à partir des résultats de notre recherche, menée en 2017, portant sur les effets des TICE sur l'apprentissage des mathématiques au premier cycle du secondaire (collège). Ainsi, nous allons tenter de déterminer les apports de l'intégration pédagogique des TIC, perçus par les enseignants de mathématiques usagers de ces technologies dans leurs pratiques d'enseignement.

Cadre théorique

Dans le cadre de cet article, les TIC sont considérées comme « un ensemble de technologies regroupant principalement de l'informatique (matériels et logiciels) permettant le traitement et le stockage de l'information, de la microélectronique, de télécommunication, les réseaux en particulier, permettant l'échange, le partage et la transmission de l'information » (Mastafi, 2016, p. 183) alors que les TICE renvoit à l'ensemble de ces technologies pouvant être utilisées pour l'enseignement-apprentissage ou au service de celui-ci.

Intégration des TICE et apprentissage des mathématiques

L'usage des TICE dans l'enseignement des mathématiques en général et dans la résolution de problèmes en particulier offre plusieurs pistes d'exploitation (Aldon et al., 2008). En fait, des études ont montré qu'il existe toute une gamme de technologies qui permettent aux élèves de manipuler des données à l'aide de tableurs pour travailler en calcul. Les calculatrices sont devenues plus avancées et permettent aux utilisateurs d'exécuter des fonctions de plus en plus complexes. Plus particulièrement, l'utilisation de calculatrices graphiques en mathématiques accélère le processus de création de graphiques, ce qui permet aux élèves d'analyser et de réfléchir sur les relations susceptibles d'exister entre les données. Les logiciels multimédias se concentrent sur des unités d'enseignement spécifiques et en intégrant du mouvement dynamique, du son et du graphisme, ils aident les élèves dans la construction de leurs

apprentissages. Des logiciels spécialisés tels que les systèmes de calcul formel (Computer Algebra System ou CAS en anglais) et les systèmes de géométrie dynamique (Dynamic Geometry Systems ou DGS en anglais), quant à eux, favorisent l'amélioration des compétences et la compréhension des élèves respectivement en algèbre et en géométrie et permettent aux élèves de manipuler, de conjecturer et de mesurer des formes menant à un plus haut niveau d'apprentissage (Clements, 2000; Hennessy, Fung et Scanlon, 2001).

De plus, les TIC semblent fournir un point focal qui encourage et facilite la collaboration et l'interaction entre les élèves. Le travail en réseau des élèves, facilité par les TIC, favorise un débat scientifique dans la classe tout en permettant aux élèves de s'engager dans des démarches de preuves. L'élève reste ainsi acteur de son apprentissage (Hivon, 2006).

Cependant, pour assurer l'efficacité de l'outil technologique et obtenir de bons résultats dans l'apprentissage des mathématiques, Trouche (2005) souligne que plusieurs recherches mettent l'accent sur la nécessité de prendre en considération les contraintes de l'outil technologique dans la conception des ressources pédagogiques en vue de leur utilisation dans des situations spécifiques d'apprentissage des mathématiques. De plus, les TICE ne peuvent favoriser l'accès aux savoirs que si un processus d'apprentissage est mis en place. Selon Ittigson et Zewe (2003), les TICE appuient la pédagogie constructiviste, qui permet aux élèves d'explorer et de comprendre des concepts mathématiques.

Kılıç (2007), après avoir comparé, durant une année, l'utilisation de trois approches pédagogiques (l'approche d'enseignement traditionnel, l'approche basée sur un apprentissage coopératif et l'approche coopérative assistée par les TIC) dans l'enseignement des mathématiques, conclut que la réussite et les attitudes des élèves ayant suivi leur enseignement coopératif assisté par les TICE étaient significativement meilleures que celles des élèves qui ont reçu un enseignement à l'aide des méthodes d'apprentissage traditionnelles ou coopératives sans usage des TICE.

Dans ce contexte, l'activité mathématique sera transformée en profondeur en présence de l'outil technologique. En fait, ces technologies peuvent amener l'élève à développer conjointement les capacités d'expérimentation et de raisonnement. Par ailleurs, Abouhanifa, Kabbaj, Belmadani, Khalfaoui et Hanini (2008, p. 3), après avoir mené une étude auprès de 85 enseignants de l'enseignement secondaire marocain, soulignaient que :

à travers une démarche de résolution de problèmes, de modélisation des situations et d'apprentissage progressif de la démonstration, les élèves peuvent prendre conscience de la pertinence des activités mathématiques, identifier un problème et l'expérimenter sur des exemples, conjecturer un résultat, mettre en forme une solution, contrôler les résultats obtenus et évaluer leur pertinence en fonction du problème étudié.

Dans le même sens, au cours des deux dernières décennies, la littérature sur l'enseignement des mathématiques a recensé de nombreuses études montrant que l'utilisation des TICE accompagnée de méthodes pédagogiques appropriées permet l'amélioration et l'enrichissement du processus pédagogique des mathématiques (Yorganci, 2014). Plus particulièrement, l'intégration d'un logiciel de géométrie dynamique dans une classe de géométrie a ouvert la voie à la recherche pour étudier l'impact de ce type de logiciels sur l'apprentissage des élèves. En effet, cet environnement d'apprentissage permet aux élèves de se pencher sur la relation entre les objets géométriques, de faire des conjectures à leur sujet et

de les tester pour pouvoir interroger la vérité de leurs conjectures (Baccaglini-Frank et Mariotti, 2010; Guven, Cekmez et Karatas, 2010; Laborde, 2005).

Pour sa part, en se référant à l'approche anthropologique dans sa dimension de rapport aux objets mathématiques (Chevallard, 1992b, 1999), Artigue (2007) considère que la compréhension de l'impact de l'usage des logiciels sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques ne peut se faire en « séparant les contenus des pratiques dans lesquelles ces contenus sont engagés ». De plus, à partir de l'approche instrumentale, Rabardel (1996) considère que l'objet d'apprentissage et la façon dont les élèves apprennent dépendent étroitement des artefacts mobilisés pour cet apprentissage. Autrement dit, les artefacts (logiciels) influent non seulement sur les pratiques d'enseignement, mais aussi sur les contenus enseignés.

Impact affectif de l'intégration des TIC dans l'enseignement

Plusieurs études faites dans le but de mesurer l'impact de l'intégration des TIC en éducation ont conclu que ces technologies ont des répercussions positives sur la motivation des apprenants (Karsenti, 2003; Karsenti, Goyer, Villeneuve et Raby, 2005; Mounet, 2008). Moussa Tessa (2011, p. vi) par exemple, après avoir fait une recherche sur l'impact des TICE sur la motivation des élèves à apprendre les mathématiques, a conclu que l'intégration pédagogique des TIC permet de « satisfaire deux besoins psychologiques fondamentaux, notamment le sentiment de compétence et le sentiment d'autodétermination, deux composantes essentielles de la motivation selon la théorie de l'autodétermination de Deci et Ryan ».

Karsenti et ses collaborateurs ont affirmé que parmi les principaux résultats issus d'une étude réalisée en 2005 figure en premier lieu l'impact positif marqué par l'usage des TICE sur l'augmentation de la motivation générale des élèves (Karsenti et al., 2005).

De même, en 2008, Mounet, présente dans le rapport de la mission e-Éduc intitulé « Pour le développement du numérique à l'école » un ensemble d'arguments montrant l'efficacité des TICE sur les apprentissages. Plus particulièrement, il précise qu'« une enquête menée par la Commission européenne auprès d'enseignants français révèle que ces derniers reconnaissent l'impact de ces équipements sur l'attention et la motivation des élèves » (Mounet, 2008, p. 13).

De même, les résultats de la méta-analyse de 45 publications, réalisée par Armendone et Le Roy (2014) sur l'impact de l'iPad sur l'apprentissage des élèves dans l'enseignement obligatoire, révèlent que l'utilisation de cet instrument offre une multitude d'opportunités pour apprendre, notamment grâce au renforcement de la motivation, de l'autonomie des élèves et de la persévérance scolaire.

Méthodologie

Pour répondre aux questions de recherche, nous avons adopté une approche qualitative. Ainsi, 27 enseignants de mathématiques de l'enseignement secondaire, appartenant à 14 établissements scolaires, répartis sur trois villes (Casablanca, El Jadida et Settat), de l'académie régionale de l'éducation et de la formation Casablanca-Settat ont été interrogés. Ces enseignants ont été choisis exclusivement parmi les usagers des TICE dans leurs pratiques d'enseignement. De plus, le choix de ces participants a été fait en prenant en considération la représentativité des deux sexes et le type des établissements (public ou privé) où ils exercent leurs fonctions (tableau 1).

Tableau 1

Répartition des participants selon le sexe et le type de l'établissement.

Sexe	Établissement public	Établissement privé	Total
Homme	11	4	15
Femme	10	2	12
Total	21	6	27

Instruments et mise en œuvre de la collecte des données

Les entretiens que nous avons réalisés sont de type semi-directif utilisant un guide constitué de plusieurs parties. Les parties relatives aux usages des TICE et aux obstacles et contraintes à l'intégration des TICE en mathématiques ne seront pas étudiées dans le présent article. Dans le cadre de cet article, nous nous intéressons uniquement aux données relatives aux rôles et impacts des TICE perçus par les enseignants interrogés. En fait, ces données sont issues de deux parties de ce guide d'entretien. La première partie, intitulée *Impacts des TICE sur l'apprentissage des mathématiques et la réussite scolaire*, est celle à travers laquelle nous avons entre autres cherché à savoir pourquoi et comment l'intégration des TICE dans l'activité mathématique peut avoir des répercussions positives sur l'apprentissage des élèves. La deuxième partie, intitulée *Impact affectif de l'intégration des TIC dans l'enseignement*, concerne le recueil des données relatives aux effets de ces technologies, lorsqu'elles sont utilisées dans le cadre d'un processus d'apprentissage des mathématiques, sur les comportements et les attitudes des élèves vis-à-vis de leur apprentissage. La collecte des données s'est effectuée entre janvier et juin 2017 et la durée de chaque entretien variait entre 45 minutes et une heure.

Méthodes d'analyse des données

Selon Paillé et Mucchielli (2003, p. 133), « toute analyse qualitative passe par une certaine forme de thématisation ». Par ailleurs, cette méthode d'analyse est qualifiée de polyvalente, pouvant s'appliquer de manière déductive, en partant des thèmes préalablement définis, ou de manière inductive, en partant du corpus afin de générer des thèmes.

Dans le cadre de notre recherche et pour rester en cohérence avec les objectifs et la problématique, nous avons adopté une analyse thématique consistant à transposer au début les thèmes pertinents au vu des questions de recherche, tout en restant ouvert quant à l'émergence de nouveaux thèmes ayant une représentation accrue au vu de la problématique de recherche.

Pour pouvoir classer, organiser et ensuite interroger facilement les données recueillies, nous avons préféré l'utilisation du logiciel d'aide à l'analyse qualitative NVivo 11. La procédure d'analyse des données que nous avons suivie est constituée de deux phases essentielles, à savoir : la phase de préparation du matériel concernant principalement la retranscription des données et la phase d'analyse concernant le codage, la catégorisation en thèmes et le traitement des données. Bien que les étapes soient linéaires et ordonnancées, souvent une dynamique de va-et-vient entre les données et l'analyse était nécessaire (Mukamurera, Lacourse et Couturier, 2006). De plus, bien qu'en analyse qualitative l'importance

première ne soit pas donnée au comptage, il s'avère parfois important pour voir la situation globale des données et formuler des conclusions sur le sujet étudié. Ainsi, pour avoir une idée sur les données de notre corpus et les relations qui existent entre les catégories et sous-catégories, nous avons élaboré des matrices (tableaux) descriptives et, afin d'appuyer les propos, nous avons inséré des extraits d'entrevues dans la présentation des résultats.

Présentation et analyse des résultats principaux

Nous nous intéressons dans cette partie à présenter et à analyser les propos des interviewés selon trois grandes catégories d'impacts identifiés à savoir : TICE et pratiques d'enseignement, impacts des TICE sur l'apprentissage des mathématiques et la réussite scolaire et enfin impact affectif des TICE sur les élèves vis-à-vis de leur apprentissage. En outre, nous précisons que si la deuxième et la troisième catégorie faisaient partie du guide d'entretien adopté, la première catégorie (TICE et pratiques d'enseignement) a émergé lors des entretiens.

TICE et pratiques d'enseignement

D'après les déclarations des enseignants interrogés, il se dégage que les TICE leur apportent un soutien très important dans la préparation de leurs cours. En fait, l'analyse de ces déclarations nous a permis de classer les avantages des TICE en matière d'amélioration de l'acte d'enseignement en trois axes, à savoir : l'amélioration des contenus des cours, les possibilités de diversification des stratégies d'enseignement et enfin l'atteinte des objectifs des programmes scolaires, facilités par l'usage des TICE, ainsi que les possibilités d'adaptation de l'apprentissage au niveau et au rythme des élèves (tableau 2).

Tableau 2

Impacts perçus des TIC sur l'enseignement.

Items	Effectifs	%
Les TICE rendent le programme scolaire plus stimulant, attrayant et enrichissant.	22	81 %
Les TICE offrent plusieurs possibilités pour varier les stratégies d'enseignement.	18	67 %
Les TICE facilitent l'atteinte des objectifs du programme d'études en adaptant l'apprentissage au niveau et au rythme de chaque élève.	16	59 %

D'après le tableau 2, la majorité des enseignants interviewés (81 %) précisent que les cours deviennent plus riches, attrayants, stimulants et ergonomiques comme le souligne l'un des enseignants :

[...] Depuis que j'ai commencé à utiliser certains logiciels de mathématiques comme GeoGebra et Geoplan..., mes cours sont devenus plus riches, animés, interactifs et bien explicites. En fait, mes cours deviennent vraiment plus stimulants et donnent envie aux élèves de les suivre [...]. (E3-p)¹

Toutefois, si la majorité des participants précisent l'importance et la diversité des logiciels de mathématiques spécialisés et des ressources numériques disponibles sur Internet, ils soulignent également la nécessité d'avoir des compétences permettant de concevoir leurs propres ressources numériques. En fait, pour eux, il n'est pas toujours facile de trouver des ressources numériques prêtes et adaptées aux programmes scolaires marocains.

À ce propos, un enseignant partageant le témoignage précédent précise que :

[...] Il est difficile de trouver sur Internet des ressources numériques bien adaptées à notre programme de mathématiques, qui est en langue arabe, à la progression des apprentissages et aux scénarios pédagogiques que nous adoptons. Pour cela, nous utilisons différents logiciels et exercices nous permettant de concevoir des ressources numériques adaptées au niveau de nos élèves. Certaines leçons, comme la géométrie dans l'espace, présentent des difficultés tant qu'au niveau de leur enseignement qu'au niveau de leur apprentissage. Mais avec l'utilisation des logiciels de géométrie comme Geoplan-Geospace, nous avons la possibilité d'élaborer des constructions dynamiques dans l'espace qui permettent de rendre les notions abstraites, comme la coplanarité de droites par exemple, plus claires [...]. (E8-p)

Dans le même sens, les TICE sont considérées, pour environ les trois cinquièmes (59 %) des enseignants interrogés, comme outils facilitateurs pour atteindre les objectifs du programme d'études. En fait, pour eux, la réussite de l'acte d'enseignement nécessite, en premier lieu, de prendre en considération les niveaux de compétences des élèves et de s'assurer de leurs acquis. Pour cela, une enseignante dans un collège privé précise qu'« en général, les TICE aident les enseignants à adapter l'apprentissage au niveau et au rythme de chaque élève, en concevant des activités variées permettant aussi de rappeler certaines connaissances requises [...] » (E11-pr).

De plus, la réaction des deux tiers des enseignants interrogés (67 %) vis-à-vis des TICE et la réussite de l'acte d'enseignement est marquée surtout par la mise en évidence de diverses possibilités offertes par les TICE pour varier les stratégies d'enseignement. En fait, le travail de groupe et la coopération entre les élèves sont facilités par l'utilisation de ces technologies comme le déclare une enseignante :

[...] avant d'aborder un enseignement collectif auprès de l'ensemble du groupe-classe, nous essayons d'impliquer les élèves dans un travail de groupe basé sur la réalisation d'expériences virtuelles. Ainsi, les élèves ont la possibilité de refaire ces expériences tant qu'ils veulent, de collaborer entre eux, de s'interroger, de mener des débats scientifiques et d'en tirer des conclusions [...]. (E19-p).

Cette même enseignante considère que les logiciels spécialisés de mathématiques permettent facilement de mettre en lumière les liens entre les différents cadres numériques, algébriques et géométriques d'une même notion mathématique, ce qui permet d'aborder la résolution du problème de différents angles. À ce propos, elle nous a donné l'exemple de la résolution des équations et des inéquations de manière graphique et algébrique dans le logiciel GeoGebra.

Si pour la majorité des enseignants interrogés, l'utilisation fréquente de ce type de logiciels permet d'aider les élèves à construire progressivement et conjointement leurs capacités en matière d'expérimentation et de raisonnement, ils insistent aussi sur leur utilisation « justifiée ». En fait, pour eux les TICE ne peuvent être utilisées que dans le cadre d'un processus d'apprentissage bien planifié, d'une part, et que si elles montrent leur utilité dans la concrétisation des notions étudiées d'autre part. En ce sens, une enseignante mettant l'accent sur ce point souligne :

[...] Nous utilisons les logiciels de mathématiques pour concrétiser, expliquer ou renforcer la compréhension d'une notion, d'un concept ou d'un problème mathématique. Mais lorsqu'il s'agit de démonstration de théorèmes et/ou de propriétés, il est nécessaire de faire appel à la méthode craie-tableau noir... Les élèves doivent être conscients de cette réalité et que l'expérimentation que nous faisons ne remplace en aucun cas la démonstration [...]. (E1-p).

En général, d'après les avis des enseignants participants, il se dégage qu'ils sont fortement convaincus du rôle que peuvent jouer les TICE dans l'amélioration de l'acte d'enseignement lui-même. Néanmoins, ils n'hésitent pas de souligner la nécessité de l'utilisation « mesurée et justifiée » de ces technologies d'une part, et de déclarer les contraintes qu'ils rencontrent comme les difficultés de la gestion de classe, les problèmes techniques et le manque de temps, d'autre part. En fait, pour eux, l'utilisation de ce type de technologies doit se faire selon des scénarios pédagogiques bien identifiés, mais elle ne remplace pas la preuve mathématique. L'utilisation des TICE pour eux ne dépasse pas le cadre d'expérimentation pour éclaircir certaines notions, renforcer la compréhension chez l'élève ou conjecturer un résultat.

TICE, apprentissage et réussite scolaire

Comme nous l'avons déjà précisé ci-haut, l'un des objectifs de ce texte est de traiter des perceptions des enseignants vis-à-vis de l'impact des TICE sur l'apprentissage des élèves. L'analyse des propos des interviewés nous a permis de dégager six catégories d'impact des TICE en matière d'apprentissage des mathématiques, à savoir : le renforcement de l'acquisition des connaissances, le développement des compétences des élèves en matière d'expérimentation et de modélisation, l'amélioration des performances et des productions des élèves, l'amélioration des compétences d'analyse, l'amélioration des compétences en matière de résolution de problèmes et l'amélioration des résultats scolaires (tableau 3).

Tableau 3

Impacts des TIC perçus en matière d'apprentissage.

Items	Effectifs	%
Renforcement de l'acquisition des connaissances	17	63 %
Développement des compétences des élèves en matière d'expérimentation et de modélisation	14	52 %
Amélioration des performances et des productions des élèves	14	52 %
Amélioration des compétences d'analyse	7	26 %
Amélioration des compétences en matière de résolution de problèmes	7	26 %
Amélioration des résultats scolaires	13	48 %

Le premier impact, cité par dix-sept enseignants parmi vingt-sept interviewés (soit 63 %), concerne le renforcement significatif des compétences des élèves en matière de l'acquisition des connaissances. Un enseignant considère que : « [...] *Les TICE en général, et en particulier Internet, offrent aujourd'hui des opportunités importantes pour renforcer l'acquisition des connaissances chez les élèves [...]* » (E10-p).

Si le renforcement de l'acquisition des connaissances est cité par les deux tiers des enseignants, le développement des compétences chez les élèves en matière d'expérimentation et de modélisation est cité par quatorze enseignants sur vingt-sept participants (soit 52 %). En fait, comme il a été évoqué dans le propos précédent, un autre enseignant explique : « [...] *En utilisant des logiciels de mathématiques comme GeoGebra, les élèves ont toutes les chances d'identifier facilement la pertinence de l'activité mathématique et de faire des expérimentations qui leur permettent de conjecturer le résultat d'un problème donné* » (E19-p).

À côté de cette affirmation, 14 enseignants parmi 27 interviewés (soit 52 %) considèrent que l'usage des TICE rend les élèves plus performants et plus productifs. À ce sujet, un enseignant révèle que : « [...] *La qualité des projets réalisés par les élèves en utilisant certains logiciels de mathématiques est beaucoup améliorée [...]* » (E8-p).

Malheureusement, ce propos perd de sa valeur devant certaines déclarations, comme celle d'un autre enseignant qui, déplorant ce fait, témoigne le contraire : « [...] *Les élèves ne sont pas aussi productifs comme on peut l'imaginer, dans plusieurs cas, je remarque une passivité devant l'écran de l'ordinateur [...]* » (E14-p).

Du côté de développement des compétences d'analyse et de résolution de problèmes, il ressort du tableau 3 que seul le quart des enseignants interviewés déclare que l'usage des TICE améliore ces compétences. En fait, pour ces enseignants, les TICE permettent aux apprenants d'émettre des conjectures et de faire des hypothèses, à partir des expérimentations, relativement aux problèmes étudiés. Les TICE leur permettent aussi de vérifier, d'évaluer et de contrôler rapidement des résultats obtenus. À ce propos, nous citons le propos d'un enseignant qui précise que : « [...] *Lors des situations-problèmes, les élèves connaissent le but à atteindre et peuvent avoir des idées. Pour pouvoir prendre les bonnes décisions, ils peuvent mener des expériences ou faire des simulations assistées par l'ordinateur [...]* » (E1-p).

Si les propos des enseignants interrogés affirment en général que l'intégration pédagogique des TIC dans l'enseignement des mathématiques a un impact positif sur le développement des connaissances et des compétences des élèves, il est difficile de juger que les améliorations des résultats scolaires reviennent exclusivement à cette approche d'enseignement. En fait, les TICE ne sont que des outils technologiques et ne peuvent constituer des outils didactiques réussis que si elles sont intégrées dans un processus d'apprentissage planifié et selon des scénarios pédagogiques bien définis. Dans ce sens, environ la moitié des enquêtés (soit 48 %) affirment que les résultats scolaires se sont améliorés à la suite de l'usage des TICE. Nous remarquons aussi que la majorité des enseignants interviewés réfèrent souvent dans leurs propos à l'utilisation de logiciels de géométrie dynamique. En fait, les données que nous avons recueillies sur les usages des TICE montrent clairement qu'ils utilisent fréquemment ces technologies en géométrie, plus particulièrement en géométrie dans l'espace, par rapport aux autres domaines mathématiques. Ils considèrent que le programme de mathématiques du premier cycle du secondaire dans sa partie géométrie semble nécessiter l'utilisation des TIC plus que dans sa partie arithmétique. En fait, pour eux, c'est en géométrie et surtout en géométrie dans l'espace que les élèves rencontrent des difficultés sérieuses.

Impact affectif des TICE sur les élèves vis-à-vis de leur apprentissage.

Selon les déclarations susmentionnées des enseignants, les TICE aident à la mise en place des situations d'apprentissages signifiantes pour les élèves. D'après l'analyse des discours des enseignants interrogés, il semble que l'usage pédagogique des TIC influence significativement le comportement des élèves. En fait, comme le montre le tableau 4, pour la majorité de ces enseignants (89 %), l'usage pédagogique des TIC motive les élèves et les rend plus persévérants et plus autonomes.

Tableau 4

Perceptions des enseignants vis-à-vis de l'impact des TIC sur les comportements des élèves.

Items	Effectifs	%
Les TICE provoquent la motivation des élèves.	24	89 %
Les TICE favorisent la persévérance scolaire.	24	89 %
Les TICE favorisent l'autonomie des élèves.	18	67 %

Ainsi, environ neuf enseignants sur dix (soit 89 %) déclarent que leurs élèves sont plus motivés lorsqu'un cours est donné à l'aide de l'ordinateur.

En plus de la motivation des élèves lors des séances d'apprentissage avec les TICE, le quart des enseignants considère que cette motivation continue aussi en dehors de l'établissement comme le souligne une enseignante : « [...] *Les élèves sont plus motivés à réaliser et rendre leurs devoirs, lorsque ces derniers portent sur des cours dispensés à l'aide de l'ordinateur* [...] » (E11-pr).

Cependant, un enseignant sur 10 considère qu'il est évident que : « [...] *Les élèves sont motivés lors des premières leçons utilisant les TICE. Mais, cette motivation perd d'ampleur chez eux lorsqu'ils s'habituent à ce genre de situation d'apprentissage* [...] » (E23-pr).

De même, neuf enseignants sur dix (soit 89 %) des interviewés évoquent la création de la persévérance chez les élèves lors de l'utilisation des TIC en salle de classe. Ainsi l'un de ces enseignants précise que : « [...] *Du fait que l'utilisation de la technologie offre la possibilité de faire plusieurs essais et de tester leur validité, les élèves s'engagent activement dans une démarche de recherche des solutions à un problème donné* [...] » (E8-p). De plus, d'autres propos des enseignants interrogés précisent que les élèves trouvent aussi le plaisir de faire les activités interactives réalisées par les TICE.

Pour les deux tiers des enseignants interrogés, il semble qu'il est plus facile d'impliquer les élèves dans le processus de leur propre apprentissage et d'attirer leur attention lors de l'utilisation des TICE. En fait, ils estiment que l'utilisation de l'ordinateur en salle de classe favorise l'autonomie des élèves comme l'explique l'un des enseignants : « [...] *les élèves sont plus impliqués dans la réalisation des tâches d'une activité proposée sur ordinateur* [...] » (E4-p). Cependant, le tiers des enseignants interrogés ne semble pas convaincu de ce rôle attribué aux TICE. Pour ces derniers, l'usage de la technologie ne peut favoriser l'autonomie des élèves que si les ressources numériques proposées prévoient des pistes d'aides en cas de difficultés, prennent en considération différents rythmes d'apprentissage et intègrent un système d'autoévaluation qui permet aux élèves de valider leurs travaux indépendamment du professeur.

De ces témoignages, nous pouvons constater que la majorité des enseignants interrogés révèlent que l'usage pédagogique des TIC en salle de classe produit des effets positifs sur le comportement des élèves, comme la motivation, la persévérance et l'autonomie. Cependant, environ la moitié d'entre eux précise également que ces effets ne sont pas systématiques. Pour ces derniers, l'usage des TIC ne doit pas se résumer à une transformation de format de contenu, du papier au numérique, mais la réussite de l'intégration des TICE dans les pratiques d'enseignement passe au préalable par le choix de ressources numériques cohérentes avec l'objet mathématique d'enseignement.

Quel est le lien entre TIC et créativité?

Malgré la faible proportion (11 %) des enseignants qui ont évoqué le développement des compétences relatives à la créativité en relation avec l'usage des technologies de l'information et de la communication, l'importance de ces compétences à l'heure actuelle nous a convaincu à mettre en lumière les propos de ces enseignants dans une section indépendante.

En fait, si seuls trois enseignants parmi les enquêtés ont abordé la question de créativité facilitée par les TIC, il nous semble d'après leurs propos et les exemples présentés qu'ils sont fort convaincus du rôle que peuvent jouer ces technologies en faveur du développement de la compétence de créativité. L'un de ces enseignants témoigne : « [...] *lorsque nous proposons à nos élèves des problèmes ouverts caractérisés par l'absence de questions successives qui guident les élèves dans la résolution du problème, nous nous apercevons que certains d'entre eux font appel aux technologies numériques pour les aider à proposer des solutions grâce à la création par exemple, d'un algorithme et sa mise en œuvre sur une calculatrice programmable* » (E9-p). Pour cet enseignant, certains élèves ne se contentent pas d'utiliser passivement les ressources numériques proposées, mais « *ils prennent l'initiative de créer eux-mêmes des simulations leur permettant d'émettre des conjectures avant de s'engager dans un processus de preuve* ». Certes, la créativité est un processus complexe, mais elle est de « nature subjective et contextuelle » comme le précisent Romero et Lille (2017, p. 32). Autrement dit, une réalisation est jugée créative en lien avec le contexte de sa production. Dans ce sens, le même enseignant précise que « [...] *Certains élèves proposent des solutions nouvelles. En fait, elles sont nouvelles par rapport à leur niveau d'études* » (E9-p).

Dans le même sens, un autre enseignant précise de son côté que « *le recours à certains logiciels comme Scratch apporte un soutien aux élèves dans l'élaboration et la proposition de nouvelles conceptions de solutions pertinentes à des problèmes plus ou moins complexes* » (E8-p). En fait pour cet enseignant, ce logiciel de programmation visuelle « *stimule et favorise le développement du sens de la créativité et l'imagination chez les élèves* ». En réalité, les trois enseignants qui ont abordé le lien entre l'usage des TIC et le développement de la créativité chez l'élève soulignent l'importance du rôle des enseignants dans l'encouragement, à partir des activités créatives, de leurs élèves pour passer d'un usage passif à un usage créatif des TIC. Autrement dit, le passage d'un niveau de consommateur des technologies à un niveau de créateur devient une nécessité à l'heure actuelle. Cependant, il est difficile de toujours s'engager dans le développement de la créativité que ce soit pour les enseignants ou pour les élèves (Romero et Lille, 2017).

Discussion

La majorité des participants considère que la diversité des logiciels de mathématiques spécialisés et les ressources numériques interactives disponibles sur Internet favorisent l'enrichissement de leurs cours et estime que ces outils technologiques offrent plusieurs possibilités de diversifier les stratégies d'enseignement grâce à de multiples situations d'apprentissage pour le groupe-classe. Ces résultats corroborent ceux de l'étude menée par Armendone et Le Roy (2014) et qui révèlent que les TICE permettent d'atteindre facilement les objectifs pédagogiques, encouragent la communication et favorisent la créativité.

Certainement, ces ressources pédagogiques numériques représentent pour l'enseignant un éventail plus large pour s'inspirer et créer ses propres contenus éducatifs. Cependant, l'abondance de ces ressources sur le Web et l'absence d'un filtre éditorial obligent les utilisateurs à évaluer et à cerner exactement ce qui correspond à leurs besoins. Pour cela, tout en prenant en considération les contraintes de l'outil technologique (Trouche, 2005) d'une part, et des programmes de mathématiques au Maroc d'autre part, certains enseignants interrogés préfèrent faire la conception de leurs propres ressources numériques en vue de les utiliser dans des situations d'apprentissage, alors que d'autres se contentent d'adapter des ressources numériques produites par d'autres enseignants à la spécificité de leurs élèves ou de leur approche comme le précise Chaptal (2009).

De même, il ressort de l'analyse des résultats que l'utilisation des TICE en tant qu'outil didactique, de manière cohérente avec les objectifs d'apprentissage, peut aider au développement des compétences chez les élèves, surtout en matière d'expérimentation, de modélisation, d'analyse, de raisonnement, de résolution de problèmes et de créativité. Ces résultats rejoignent les conclusions de ceux de plusieurs chercheurs susmentionnés (Abouhanifa et al., 2008; Aldon et al., 2008; Hivon, 2006; Kılıç, 2007).

Les résultats de la présente recherche montrent également qu'environ la moitié des enquêtés (soit 48 %) ont déclaré que l'usage des TICE joue un rôle significatif dans l'amélioration des résultats scolaires et peuvent favoriser l'augmentation du taux de réussite chez les élèves. En fait, même s'il est difficile de juger que les améliorations des résultats scolaires reviennent exclusivement à l'usage des TICE dans l'apprentissage des mathématiques, l'efficacité de ces technologies est en général affirmée par de nombreuses recherches et expérimentations (IICD, 2007; Kılıç, 2007).

D'autre part, selon les perceptions des enseignants interrogés, les résultats révèlent que l'intégration pédagogique des TIC influence significativement les attitudes et les sentiments des élèves vis-à-vis de leur apprentissage. En fait, la question de causalité de l'usage des TICE et la motivation des élèves a été évoquée depuis plusieurs années et plusieurs recherches ont montré que l'usage pédagogique des TIC stimule la motivation et rend les attitudes des élèves plus positives vis-à-vis de leur apprentissage (Karsenti et al., 2005; Mounet, 2008; Moussa Tessa, 2011). Nos résultats montrent aussi que l'usage réussi des TICE favorise la persévérance scolaire pour 89 % des enseignants interrogés et encourage l'autonomie des élèves pour 67 % d'entre eux. En fait, l'interactivité et les possibilités de coopération offertes par les TICE permettent à l'élève de participer activement à son apprentissage. Comme nous l'avons mentionné précédemment, plusieurs recherches ont révélé que les TICE offrent aux élèves la possibilité d'interactivité aboutissant à leur motivation d'apprendre et à leur persévérance (Armendone et Le Roy, 2014). Aussi, les résultats précisent que ces effets ne sont pas nécessairement automatiques et que seul l'usage pédagogique des TIC de manière cohérente avec l'objet d'enseignement favorise la motivation, la persévérance et l'autonomie des élèves. De surcroît, nos résultats se rapprochent de ceux de Karsenti (2003) qui considère que les TICE ne sont pas, à elles seules, responsables de l'augmentation de la motivation chez les élèves, mais que cela dépend aussi de la manière dont elles sont utilisées.

Comme toute recherche, la présente regorge de points forts, mais a aussi des limites. Si notre échantillon paraît un peu limité en nombre, le choix exclusif des enseignants ayant une expérience considérable dans la pratique d'un enseignement assisté par les TICE renforce la fiabilité des données recueillies. En plus, nous soulignons que si, à l'international, de nombreuses recherches scientifiques ont traité

de l'efficacité des TICE dans l'enseignement, au Maroc, au contraire, elles sont très rares à notre connaissance, surtout en contexte d'apprentissage des mathématiques. Cependant, malgré l'abondance de ce type de recherche, l'efficacité de l'usage des TIC en enseignement ne fait toujours pas consensus à l'heure actuelle. Pour cela, il nous semble que la présente recherche a pu apporter un éclairage sur un sujet qui suscite encore des débats.

Conclusion

L'objectif principal de la présente recherche était d'étudier les perceptions des enseignants de mathématiques usagers des TICE vis-à-vis de l'impact de ces technologies sur l'enseignement et l'apprentissage chez les élèves du premier cycle secondaire (collège).

Les résultats montrent que de nombreux impacts positifs de l'usage des TIC sur l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques sont perçus par les enseignants interrogés. Au terme de l'analyse exploratoire que nous avons faite dans le contexte de cette étude, trois principales catégories d'impacts ont été identifiées.

La première catégorie concerne *l'impact des TICE sur les pratiques d'enseignement* et englobe d'une part, l'apport de l'intégration des TICE dans l'amélioration de la qualité de l'acte d'enseignement lui-même et d'autre part, les possibilités que l'usage de ces technologies peut offrir pour varier les stratégies d'enseignement et l'adaptation de l'apprentissage au niveau et au rythme de chaque élève.

La deuxième catégorie concerne *l'impact positif de l'usage pédagogique des TIC sur l'apprentissage des élèves et la réussite scolaire*. Ce type d'usage favorise le développement des compétences des élèves en matière d'expérimentation, de modélisation, d'analyse, de raisonnement, de résolution de problèmes et de créativité, mais il reste difficile de démontrer un impact direct de ces technologies sur la réussite scolaire.

Quant à la troisième catégorie, elle concerne *l'impact des TICE sur les attitudes des élèves vis-à-vis de leur apprentissage*. En fait, les résultats montrent que l'usage pédagogique des TIC influence significativement le comportement des élèves. Il favorise la motivation chez les élèves et les rend plus persévérants et plus autonomes.

Même si les résultats de la présente recherche ont apporté un éclairage assez important, en contexte éducatif marocain, sur un sujet qui a suscité de l'intérêt de nombreux chercheurs à l'échelle internationale, de nouvelles interrogations ouvrant la voie à des recherches et expérimentations ultérieures ont été soulevées. En ce sens, pour approfondir les résultats de la présente recherche et mesurer le degré d'impact de l'intégration des TICE sur l'apprentissage des élèves, la deuxième phase de notre recherche consiste à faire des expérimentations auprès des élèves, renforcées par des grilles d'observation et suivies par une enquête par questionnaire.

Notes

¹ Nomenclature des sujets – par exemple : E3-p (enseignant numéro 3 et exerçant dans un collège public). En = Enseignant numéro n, p = public, pr = privé.

Références

- Abouhanifa, S., Kabbaj, M., Belmadani, M., Khalfaoui, M. et Hanini, M. (2008). L'outil informatique : défis d'intégration et objet de formation des enseignants de mathématiques dans le secondaire. *MathémaTICE*, (8). Repéré à <http://revue.sesamath.net/spip.php?article121>
- Aldon, G., Artigue, M., Bardini, C., Baroux-Raymond, D., Bonnafet, J.-L., Combes, M.-C., ... Zuchi, I. (2008). Nouvel environnement technologique, nouvelles ressources, nouveaux modes de travail : le projet e-CoLab (expérimentation collaborative de laboratoires mathématiques). *Repères-IREM*, (72), 51-78. Repéré à http://www.univ-irem.fr/exemple/reperes/articles/72_article_490.pdf
- Alj, O. et Benjelloun, N. (2013). Intégration des TIC dans l'enseignement des sciences physiques au Maroc dans le cadre du programme GENIE : difficultés et obstacles. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire (RITPU)*, 10(2), 49-65. <http://dx.doi.org/10.7202/1035522ar>
- Armendone, D. et Le Roy, P. (2014). *L'impact de l'iPad sur l'apprentissage des élèves dans l'enseignement obligatoire : état des lieux et recommandations*. Repéré à http://creative.eun.org/c/document_library/get_file?uuid=f0531aed-c200-4161-9cdf-66ae8b35d2f6&groupId=96459
- Artigue, M. (1998). Teacher training as a key issue for the integration of computer technologies. Dans D. Tinsley et D. C. Johnson (dir.), *Information and communications technologies in school mathematics* (p. 121-129). Boston, MA : Springer. http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-35287-9_15
- Artigue, M. (2007, février). *L'influence des logiciels sur l'enseignement des mathématiques : contenus et pratiques*. Communication présentée au séminaire DGESCO, Rouen. Repéré à https://www.fun-mooc.fr/asset-v1:ENSDeLyon+14003+session05+type@asset+block/Artigue_seminaire_degscopdf
- Baccaglioni-Frank, A. et Mariotti, M. A. (2010). Generating conjectures in dynamic geometry: The maintaining dragging model. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 15(3), 225-253. <http://dx.doi.org/10.1007/s10758-010-9169-3>
- Chevallard, Y. (1992a). Intégration et viabilité des objets informatiques dans l'enseignement des mathématiques : le problème de l'ingénierie didactique. Dans B. Cornu (dir.), *L'ordinateur pour enseigner les mathématiques* (p. 183-203). Paris : Presses universitaires de France.
- Chevallard, Y. (1992b). Concepts fondamentaux de la didactique : perspectives apportées par une approche anthropologique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 12(1), 73-112. Repéré à <https://revue-rdm.com/1992/concepts-fondamentaux-de-la-didactique/>
- Chevallard, Y. (1999). L'analyse des pratiques enseignantes en théorie anthropologique du didactique. *Recherches en didactique des mathématiques*, 19(2), 221-266. Repéré à <https://revue-rdm.com/1999/l-analyse-des-pratiques/>
- Chaptal, A. (2009). Rhapsodie sur la collaboration : Le travail collaboratif. *Les dossiers de l'ingénierie éducative*, (65), 88-90.
- Clements, D. H. (2000). From exercise and tasks to problems and projects: unique contributions of computers to innovative mathematics education. *The Journal of Mathematical Behavior*, 19(1), 9-47. [http://dx.doi.org/10.1016/S0732-3123\(00\)00036-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0732-3123(00)00036-5)
- Güven, B., Çekmez, E. et Karatas, I. (2010). Using empirical evidence in the process of proving: The case of dynamic geometry. *Teaching Mathematics and its Applications*, 29(4), 193-207. <http://dx.doi.org/10.1093/teamat/hrq010>
- Hennessy, S., Fung, P. et Scanlon, E. (2001). The role of the graphic calculator in mediating graphing activity. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 32(2), 267-290. <http://dx.doi.org/10.1080/0020739001002176>
- Hivon, L. (2006). Vers une mutualisation de la calculatrice en classe. *MathémaTICE*, (1). Repéré à <http://revue.sesamath.net/spip.php?article29>
- Ittigson, R. J. et Zewe, J. G. (2003). Technology in the mathematics classroom. Dans L. A. Tomei (dir.), *Challenges of teaching with technology across the curriculum: Issues and solutions* (p. 114-133). Hershey, PA : IGI Global. <http://dx.doi.org/10.4018/978-1-59140-109-4.ch004>

- Institut International pour la Communication et le Développement (IICD). (2007). *Les TIC au service de l'éducation : Impact et enseignements retenus des activités appuyées par IICD*. Pays bas. En ligne: <http://www.bibalex.org/Search4Dev/files/287779/118685.pdf>
- Karsenti, T. (2003). Favoriser la motivation et la réussite en contexte scolaire : les TIC feront-elles mouche?. *Vie pédagogique*, (127), 27-31. Repéré à <http://karsenti.scedu.umontreal.ca/pdf/scholar/ARP-karsenti-22-2003.pdf>
- Karsenti, T., Goyer, S., Villeneuve, S. et Raby, C. (2005). *L'impact des technologies de l'information et de la communication (TIC) sur la réussite éducative des garçons à risque de milieux défavorisés*. Repéré à <http://karsenti.ca/TICreussiteGarcons.pdf>
- Kılıç, R. (2007). *The impact of webquest supported cooperative learning on the achievement and the attitude towards mathematics* (Thèse de doctorat inédite). Université Osmangazi.
- Laborde, C. (2005). Robust and soft constructions: Two sides of the use of dynamic geometry environments. Dans S. C. Chu, H. C. Lew, et W. C. Yang (dir.), *Proceedings of the 10th Asian technology conference in mathematics* (p. 22-35). Cheong-Ju : Korea National University of Education.
- Mastafi, M. (2014). *Intégration et usages des technologies de l'information et de la communication (TIC) dans le système éducatif marocain : contraintes, obstacles et opportunités* (Thèse de doctorat inédite). Université Paris 2.
- Mastafi, M. (2016). Définitions des TIC(E) et acception. Dans J. Bacha, S. Ben Abid-Zarrouk, L. Kadi et A. Mabrouk (dir.), *Penser les TIC dans les universités du Maghreb : TIC et enseignement-apprentissage du et en français en contexte universitaire maghrébin* (p. 179-195). Paris : L'Harmattan.
- Mounet, J. (2008). *Pour le développement du numérique à l'école : Rapport de la mission e-Éduc*. Repéré à <https://www.vie-publique.fr/sites/default/files/rapport/pdf/084000290.pdf>
- Moussa Tessa, O. (2011). *Impacts des TIC sur la motivation des étudiants à l'apprentissage des mathématiques à l'Université Abdou Moumouni au Niger* (Thèse de doctorat, Université de Montréal). Repéré à <https://papyrus.bib.umontreal.ca/xmlui/handle/1866/7048>
- Mukamurera, J., Lacourse, F. et Couturier, Y. (2006). Des avancées en analyse qualitative : pour une transparence et une systématisation des pratiques. *Recherches qualitatives*, 26(1), 110-138. Repéré à [http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition_reguliere/numero26\(1\)/mukamurera_al_ch.pdf](http://www.recherche-qualitative.qc.ca/documents/files/revue/edition_reguliere/numero26(1)/mukamurera_al_ch.pdf)
- Paillé, P. et Mucchielli, A. (2003). *L'analyse qualitative en sciences humaines et sociales*. Paris : Armand Colin.
- Rabardel, P. (1996). *L'homme et les outils contemporains*. Paris : Armand Colin.
- Romero, M. et Lille, B. (2017). La créativité, au cœur des apprentissages. Dans M. Romero, B. Lille et A. Patiño (dir.), *Usages créatifs du numérique pour l'apprentissage au XXI^e siècle* (p. 29-40). Québec, QC : Presses de l'Université du Québec. <http://dx.doi.org/10.2307/j.ctt1vw0rkx.8>
- Trouche, L. (2005). Construction et conduite des instruments dans les apprentissages mathématiques : nécessité des orchestrations. *Recherches en didactique des mathématiques*, 25(1), 91-138. Repéré à <https://revue-rdm.com/2005/construction-et-conduite-des-instruments-dans-les-apprentissages-mathematiques-necessite-des-orchestrations/>
- Yorganci, S. (2014). Web tabanlı uzaktan eğitim yönteminin öğrencilerin matematik başarılarına etkileri [The effects of web-based distance education method on students' mathematics achievements]. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 23(3), 1401-1420.

Pour citer cet article

Mastafi, M. (2020). Rôles et impacts des TIC dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques : perceptions des enseignants du secondaire. *Formation et profession*, 28(2), 60-74. <http://dx.doi.org/10.18162/fp.2020.508>