



Open Archive Toulouse Archive Ouverte

OATAO is an open access repository that collects the work of Toulouse researchers and makes it freely available over the web where possible

This is an author's version published in:

<http://oatao.univ-toulouse.fr/24775>

Official URL

<http://revueeducationformation.be/index.php?revue=31&page=3>

To cite this version: Castillan, Laetitia and Lemarié, Julie and Mojahid, Mustapha *Numérique, handicap visuel et accessibilité des apprentissages. Contenus pédagogiques numériques : quelle accessibilité pour les élèves présentant une déficience visuelle ?* (2018) *Éducation & Formation*, e-311. 90-102. ISSN 2032-8184

Any correspondence concerning this service should be sent to the repository administrator: tech-oatao@listes-diff.inp-toulouse.fr

Numérique, handicap visuel et accessibilité des apprentissages

Ressources pédagogiques numériques : quelle accessibilité pour les élèves présentant une déficience visuelle ?

Laetitia Castillan^{*et**}, Julie Lemarié* & Mustapha Mojahid**

Université Jean Jaurès, CLLE-LTC, 31058 Toulouse, France*

Université Paul Sabatier, IRIT-ELIPSE, 31058 Toulouse, France**

laetitia.castillan@univ-tlse2.fr

lemarie@univ-tlse2.fr

mustapha.mojahid@irit.fr

RÉSUMÉ. Le plan numérique pour l'éducation lancé en mai 2015 vise à introduire les technologies numériques au sein des établissements scolaires. Dans cette perspective, les élèves sont progressivement équipés d'outils informatiques, les enseignants sont formés aux usages de ces technologies pour l'enseignement (p. ex. tableaux interactifs, environnement numérique de travail, etc.) et des ressources telles que les manuels scolaires numériques sont mises à disposition des enseignants et des élèves. Or, depuis le plan Handiscol (1999), puis avec la loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées et la loi d'orientation et de programmation pour la refondation de l'école de la République (2013), les politiques relatives au handicap promeuvent l'inclusion des élèves en situation de handicap en établissements scolaires ordinaires. C'est ainsi qu'en 2015, 80% des 350 300 enfants ou adolescents handicapés ont été scolarisés en établissements ordinaires. Si les politiques d'inclusion prévoient diverses mesures afin de garantir « l'égalité des droits et des chances », qu'en est-il de l'accessibilité des ressources pédagogiques numériques pour ces élèves à besoins éducatifs particuliers ? Une étude exploratoire combinant des entretiens avec divers acteurs de la situation (enseignants spécialisés, transcripteurs braille, élèves déficients visuels scolarisés en classe ordinaire) et des observations en classe d'élèves présentant une déficience visuelle a été menée dans le but 1) de décrire la situation existante en terme d'accès aux contenus pédagogiques pour les élèves présentant une déficience visuelle (quels contenus sont accédés et comment), 2) d'identifier des catégories de difficultés rencontrées par les élèves pour accéder et traiter les ressources pédagogiques numériques et leurs conséquences pour l'apprentissage.

MOTS-CLÉS : technologies numériques pour l'enseignement, apprentissage, accessibilité, ressources pédagogiques, élèves, handicap visuel.

1. Introduction

1.1. Les technologies numériques à l'école

Des plans de réformes menés depuis les années 1970 ont permis l'équipement progressif des établissements scolaires en informatique (ordinateurs fixes, portables, tablettes, vidéoprojecteurs) et l'introduction de technologies numériques pour l'enseignement (tableaux numériques interactifs, environnements numériques de travail ...). Ainsi, en 2014, avant le lancement du plan numérique pour l'éducation, les technologies numériques pour l'enseignement sont affichées dans 94% des projets d'établissement et 2/3 des collèges publics disposent d'un Environnement Numérique de Travail (ENT). Dans ces derniers, les élèves peuvent consulter leurs notes et emploi du temps, envoyer des courriels à leurs professeurs ou récupérer des documents de cours. Le nombre de tableaux blancs interactifs est passé de 2 à 11,2 pour 1 000 élèves et celui des ordinateurs et tablettes de 12,7 à 22 pour 100 élèves¹. Si ces plans étaient plutôt centrés sur la question de l'équipement informatique, le plan numérique pour l'éducation lancé en mai 2015 adopte une approche plus globale en proposant 3 mesures clés²: 1) la formation des enseignants aux technologies numériques et à l'enseignement avec ces outils ; 2) la mise à disposition de nouvelles ressources pédagogiques numériques et applications mobiles gratuites pour les enseignants et les élèves du CM1 à la 3^{ème}; 3) l'équipement progressif en tablettes ou ordinateurs portables des collégiens et enseignants à partir de la rentrée 2016. Cette augmentation des technologies numériques pour l'enseignement à l'école a impulsé la création de nouvelles ressources, telles que les manuels scolaires numériques. Dématérialisés, ces manuels sont projetés au tableau ou peuvent être consultés sur écran personnel. Aux images déjà disponibles dans les versions papier, s'ajoutent des vidéos, des documents sonores, des liens internet ou encore des exercices interactifs. Les élèves ont aussi la possibilité d'y ajouter des annotations sonores ou textuelles. Actuellement, 133 000 classes de collège bénéficient d'un accès collectif à un manuel numérique, tandis que 15 % des collégiens travaillent individuellement avec des ouvrages de ce type³.

Si l'introduction des technologies numériques pour l'enseignement dans les établissements scolaires est encore trop récente et hétérogène pour avoir le recul nécessaire à l'évaluation de son impact, les premiers rapports (Delaubier et al., 2015) soulèvent plusieurs problèmes, malgré l'enthousiasme affiché des politiques : 1) un déploiement ralenti par des problèmes techniques, organisationnels et financiers ; 2) des personnels peu formés à ces nouveaux outils ; 3) un usage en classe très limité ; 4) des effets sur les apprentissages limités, voire inexistant (Amadiou et Tricot, 2014).

Au plan scientifique, les travaux sur l'efficacité des outils numériques pour les apprentissages montrent que la question est très complexe et qu'il n'y a pas de réponse univoque à la question de leurs bénéfices pour l'apprentissage. Par exemple, les auteurs (Ibid.) passent au crible scientifique un certain nombre d'idées reçues à ce propos telles que : le numérique rend les apprenants plus autonomes, le numérique est plus motivant. Ils montrent que ces bénéfices supposés n'obéissent pas à des lois générales mais ne s'observent que lorsque certaines conditions sont réunies. Toutefois, peu de travaux ont interrogé l'impact des technologies numériques pour l'enseignement sur l'accessibilité des apprentissages pour les élèves à « besoins éducatifs particuliers ». Ce terme recouvre une population d'élèves très hétérogène : élèves en situation de handicap physique, sensoriel, cognitif, élèves en grande difficulté d'apprentissage ou d'adaptation, enfants à haut potentiel intellectuel, enfants malades, enfants en situation familiale ou sociale difficile, mineurs en milieu carcéral, élèves étrangers nouvellement arrivés en France, enfants du voyage.

Depuis le plan Handiscol (1999), puis avec la loi du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées, la scolarisation des élèves handicapés devient un principe de droit. Aussi, depuis 2006, le nombre d'élèves handicapés scolarisés en établissement ordinaire a plus que doublé. Ces élèves sont donc confrontés, comme les autres, aux technologies numériques pour apprendre. La question est de savoir s'ils peuvent réaliser les diverses tâches d'apprentissage impliquant l'usage de ces outils avec efficacité, efficacité et satisfaction.

L'efficacité désigne la capacité d'un dispositif à atteindre ses objectifs, l'efficience la possibilité de réaliser une tâche donnée avec un minimum d'efforts et la satisfaction le niveau de confort ressenti par l'élève lorsqu'il utilise le dispositif (Brangier et Barcenilla, 2003).

1 http://cache.media.education.gouv.fr/file/2015/62/1/DEPP_NI_2015_01_equipement_informatique_double_en_dix_ans_colleges_publics_380621.pdf (consulté le 13/10/2017).

2 <http://ecolenumerique.education.gouv.fr/retenir-plan-numerique/> (consulté le 20/10/2017)

3 <http://www.education.gouv.fr/cid84888/l-equipement-informatique-a-double-en-dix-ans-dans-les-colleges-publics.html> (consulté le 30/01/2018)

Si les technologies numériques pour l'enseignement peuvent être envisagées *a priori* comme une opportunité pour résoudre des problèmes d'accessibilité des ressources pédagogiques (p. ex. un élève non voyant peut accéder auditivement à une ressource pédagogique numérique en toute autonomie grâce à une technologie d'assistance qui permet l'oralisation automatique de son contenu), elles peuvent également se constituer en un obstacle supplémentaire (Folcher et Lompré, 2012) si leur conception en amont se base sur l'hypothèse d'un élève « moyen » au sens gaussien du terme et ne prend pas en compte les besoins particuliers de ces élèves.

1.2. L'inclusion scolaire des élèves en situation de handicap

1.2.1. La loi 2005-102 du 11 février 2005

La loi 2005-102 du 11 février 2005 pour l'égalité des droits et des chances, la participation et la citoyenneté des personnes handicapées marque une avancée considérable dans la prise en compte du handicap. Cette loi, constituée d'une centaine d'articles, aborde diverses thématiques au regard du handicap, tel que : l'accueil, le droit à la compensation, les ressources, la scolarité, l'emploi, l'accessibilité ou la participation à la vie sociale. Concernant la scolarité, elle fait obligation « d'assurer à l'enfant en situation de handicap une scolarisation en milieu ordinaire au plus près du domicile, de garantir une continuité du parcours scolaire et d'assurer l'égalité des chances aux examens ». Aussi, en 2015 en France⁴, 356 300 enfants ou adolescents en situation de handicap ont été scolarisés. Près de 80% étaient scolarisés en milieu ordinaire et 20% en établissements hospitaliers ou médico-sociaux. Si l'on considère seulement les élèves inclus en classe ordinaire, soit 278 978 élèves, 111 735 présentent des troubles intellectuels et cognitifs, 52 582 des troubles du psychisme, 46 612 des troubles du langage et de la parole, 7 586 des troubles auditifs, 5 066 des troubles visuels, 22 567 des troubles moteurs, 19 820 des troubles associés et 242 des troubles autres. Afin de garantir une scolarité répondant aux besoins spécifiques de ces élèves, cette loi s'appuie sur deux piliers : l'accessibilité et la compensation.

L'**accessibilité** renvoie à la possibilité pour tous les élèves en situation de handicap d'accéder de droit à une scolarisation ordinaire. Pour ce faire, les mesures suivantes sont mises en place : 1) le droit à l'inscription dans un établissement de secteur (établissement scolaire de référence), 2) l'accès à l'ensemble des locaux et matériels nécessaires à la scolarisation, 3) la mise aux normes des infrastructures culturelles et sportives. **La compensation**, quant à elle, vise à rétablir l'égalité des droits et des chances par le biais d'un « plan personnalisé de compensation » lorsque l'accessibilité n'est pas totale. Pour ce faire, plusieurs dispositifs ont été mis en place afin de faciliter les parcours scolaires des élèves handicapés : un établissement scolaire de référence, un projet personnalisé de scolarisation (PPS), une équipe de suivi de la scolarisation, un enseignant référent pour chaque élève ainsi que des aménagements scolaires (p. ex. la présence d'un Accompagnant des Élèves en Situation de Handicap ou AESH⁵, des horaires adaptés etc.). Cependant, l'inclusion en milieu ordinaire des élèves en situation de handicap reste problématique dans bien des cas car les situations d'apprentissage (tâches, supports, matériels, etc.) ne sont pas systématiquement pensées au regard des besoins particuliers des élèves handicapés. Ainsi aujourd'hui, la question de l'accessibilité relève plus particulièrement de l'accès aux savoirs, aux apprentissages (Benoit, Sagot, 2008) quel que soit le trouble de santé (cognitif, sensoriel, physique ..). Une situation particulièrement complexe de ce point de vue est celle des élèves mal ou non-voyants, alors même que la modalité visuelle est sollicitée de façon prépondérante dans la classe et plus largement dans nos interactions avec le monde. Ainsi, Hatwell (2003, p.1) rappelle qu'« aucune autre modalité n'égale la vision dans la quantité et la qualité des informations fournies ». Aussi, dans le cadre de cette étude, il est proposé d'étudier la question de l'accessibilité des apprentissages avec le numérique chez les élèves mal ou non-voyants car c'est bien pour cette population que la question se pose le plus crûment.

1.2.2. L'inclusion des élèves aveugles ou mal voyants

Eu égard aux besoins éducatifs spécifiques des élèves handicapés, la loi du 11 février 2005, prévoit la mise en place de mesures spécifiques afin de soutenir leur scolarisation en milieu ordinaire. Ces aides peuvent être catégorisées en 3 types : les aides humaines, les aides organisationnelles et les aides matérielles⁶. Les aides humaines renvoient au soutien apporté par un tiers. Si cela est jugé nécessaire et notifié dans le plan de compensation par la Maison Départementale des Personnes Handicapées, les élèves sont accompagnés par un AESH lors des temps scolaires.

4 [http://www.education.gouv.fr/cid57096/reperes-et-references-statistiques.html%20\(20/10/2017\)](http://www.education.gouv.fr/cid57096/reperes-et-references-statistiques.html%20(20/10/2017)) (consulté le 20/10/2017)

5 Accompagnant d'élève en situation de handicap

6 pour une description détaillée de la situation d'inclusion des élèves mal ou non-voyants, voir Lewi-Dumont, 2016

Il/elle a pour mission d'aider l'élève dans les diverses tâches annexes à ses apprentissages (ex : verbaliser/décrire les éléments non accessibles, l'accompagner lors des sorties scolaires). De plus, les élèves bénéficient généralement chacun de l'aide d'un enseignant spécialisé qui se déplace dans leur établissement pour leur apporter un accompagnement personnalisé dans l'acquisition de compétences spécifiques (p. ex. pour apprendre à utiliser des outils informatiques alors que la déficience visuelle est présente). Ces élèves bénéficient également très souvent d'un suivi pluridisciplinaire en fonction de leurs besoins : psychologue, ergothérapeute, éducateur, orthoptiste ou locomotricien.

Les aides organisationnelles renvoient à l'obligation d'offrir, pour chaque élève handicapé, un plan personnalisé de scolarisation établi à partir d'une évaluation de ses besoins de compensation en matière de scolarisation. Dans le cas des élèves aveugles, il s'agit notamment de pouvoir bénéficier d'un tiers temps supplémentaire lors de la réalisation d'un examen, d'un report des notes sur 5 ans et de la possibilité de réaliser une année scolaire en deux années civiles (par exemple : suivre les cours littéraires l'année 1 et les cours scientifiques l'année 2 et ainsi réaliser son année de 5^{ème} en 2 ans) pour les situations les plus courantes.

Les aides matérielles incluent l'ensemble des outils technologiques et des supports adaptés mis à disposition des élèves. Les élèves malvoyants disposent généralement d'un ordinateur portable sur lesquels ils peuvent consulter les versions pdf des ressources pédagogiques en procédant soit par agrandissement (utilisation de zoom), soit par lecture auditive du texte grâce à un lecteur d'écran assorti d'un système de synthèse vocale (NVDA⁷ ou JAWS⁸ par exemple). Ils peuvent également modifier les couleurs utilisées dans la ressource pour augmenter les contrastes. Les élèves aveugles, s'ils pratiquent le braille, peuvent utiliser un bloc-note braille pour prendre des notes et un ordinateur équipé d'une plage braille et d'un lecteur d'écran pour lire tactilement ou auditivement un document. Ces élèves peuvent aussi être équipés de scanners, imprimantes brailles, perkins⁹, souris scanners et autres outils facilitant leurs tâches scolaires. En plus de ces outils, les élèves bénéficient aussi de supports adaptés à leurs besoins (ex : adaptation braille). En France, des services de transcription sont en charge de l'adaptation des contenus pédagogiques pour les élèves aveugles et malvoyants. Ces services dépendent d'associations régionales, telles que l'Institut des Jeunes Aveugles de Toulouse ou le Centre Interdépartemental de la Vision, de l'Audition et du Langage Lestrade pour l'étude qui concerne cet article. Les services de transcription gèrent à la fois les questions d'accessibilité technique (faire en sorte que le support soit compatible avec les outils informatiques de l'élève) et d'adaptation des contenus ; ils jouent donc un rôle majeur dans la possibilité d'accéder à ces contenus. Les manuels scolaires et autres supports pédagogiques sont adaptés en fonction des besoins ponctuels de chaque élève. Aussi, il est extrêmement rare de trouver l'adaptation intégrale d'un manuel scolaire. Conscient de la nécessité de mutualiser les travaux d'adaptation au niveau national, une banque de données a été créée afin de répertorier l'ensemble des adaptations réalisées sur le territoire. Cependant, le caractère très personnalisé des adaptations eu égard aux besoins particuliers de chaque élève ne permet pas toujours de fournir celles-ci à un autre élève. À l'inverse, d'autres pays européens comme la Suède ont fait le choix d'une adaptation unique de l'intégralité d'un manuel scolaire en version braille et numérique. L'adaptation des manuels scolaires y est réalisée par un service gouvernemental dédié qui gère l'adaptation complète du manuel scolaire sous différents formats. Les manuels scolaires adaptés sont ensuite rendus disponibles par ces organismes. Si tout le monde peut consulter le catalogue, seules les personnes « empêchées de lire » sont en droit de les obtenir gratuitement et de soumettre une demande d'adaptation dans le cas où l'ouvrage n'est pas disponible.

Si ces mesures permettent théoriquement aux enfants qui ont un handicap visuel d'accéder à la majorité des ressources pédagogiques proposées en classe ordinaire, les exigences associées au changement de modalité sensorielle pour les traiter au plan mental peuvent être, malgré les stratégies de compensation mises en place par les élèves, très élevées. Par exemple, l'utilisation de synthèses vocales pour accéder à une version automatiquement oralisée d'un contenu textuel entraîne un accès ralenti à l'information (par comparaison à une lecture visuelle) qui exige alors des temps d'attention focalisée plus long pour accéder au contenu. A noter toutefois que certains élèves parviennent à accélérer de façon très impressionnante le débit de parole de la synthèse pour accélérer le traitement auditif des informations verbales (Theofanos et Redish, 2003). Un autre exemple est le traitement cognitif impliqué dans l'apprentissage à partir de documents contenant des informations textuelles et imagées.

7 <https://www.nvda-fr.org>

8 <http://www.accessolutions.fr/Jaws-pour-Windows.html>

9 Machine à écrire en braille.

D'après les travaux réalisés dans le champ de l'apprentissage multimédia, le fait d'introduire des représentations graphiques (illustrations, schémas, etc.) dans des documents textuels améliore les apprentissages des élèves « tout venant », phénomène connu sous le nom d'« effet multimédia »¹⁰. Cet effet se manifeste sous certaines conditions ; par exemple, il est nécessaire que certains principes soient respectés : les commentaires textuels ou oraux doivent être proches spatialement ou temporellement des images qu'ils accompagnent (Mayer et Fiorella, 2014) pour que l'élève puisse intégrer mentalement les deux sources d'information ; le texte et l'image doivent entretenir une relation de complémentarité plutôt qu'une relation de redondance (Kalyuga et Sweller, 2014).

Si l'élève mal voyant peut accéder aux images en utilisant une technique de grossissement, un élève non voyant va bénéficier d'adaptions consistant à transposer les informations imagées dans une autre modalité sensorielle, en l'occurrence auditive et/ou tactile. Ainsi, une image, une figure géométrique peuvent être adaptées en images thermogonflées afin que l'élève y accède via la modalité tactile. Extrêmement puissante¹¹, cette modalité peut soutenir très efficacement l'élaboration de représentations mentales chez l'élève. En complément du tactile, les élèves aveugles ont souvent recours à la verbalisation des contenus imagés par autrui (l'AESH ou l'enseignant). Cependant, les modalités auditive et tactile sont intrinsèquement très différentes de la modalité visuelle. L'accès séquentiel et l'impossibilité de traiter une quantité importante d'informations en simultané augmentent les exigences mentales associées au traitement des informations appréhendées auditivement ou tactilement. Aussi, une des particularités des apprentissages chez les élèves aveugles renvoie à l'exigence constante d'une « synthèse cognitive » (Bris, dans Lewi-Dumont 2016, p.155) qui désigne la nécessité de re-construire mentalement l'organisation de l'information à partir de prise d'informations auditives, tactiles, marquées par la sérialité et la fugacité. L'accès à l'information n'est pas global mais morcelé. Cette exigence s'impose également aux élèves mal voyants car l'utilisation du grossissement entraîne également un accès morcelé à l'information.

1.3. Les enjeux de l'accessibilité numérique

Si la loi du 11 février 2005 prévoit la mise à disposition de supports pédagogiques adaptés pour les élèves en situation de handicap, l'utilisation grandissante de ressources pédagogiques numériques telles que les manuels scolaires numériques pourrait avoir un impact important sur leur scolarité. Un premier enjeu de l'accessibilité numérique est de s'assurer que les technologies numériques pour l'enseignement ne constituent pas un obstacle à la scolarisation des élèves en situation de handicap. Si de nombreuses recherches ont porté sur l'accessibilité du Web (Giraud, Thérouanne, et Steiner, 2018 ; Petrie, Fraser, et Neil, 2004 ; Power, Freire, Petrie, et Swallow, 2012) et sur la conception de documents efficaces pour les apprentissages pour les élèves tout venant (Mayer, 2014 ; Tricot, 2007), très peu de travaux ont cherché à évaluer spécifiquement l'accessibilité des contenus pédagogiques numériques pour des élèves en situation de handicap. Cette question peut bénéficier de l'éclairage du Modèle de Développement Humain et Processus de Production du Handicap (MMH-PPH2) proposé par Fougeyrollas (2016). Selon ce modèle, le handicap ne résulte pas de la personne ou de la situation sociale mais de l'interaction entre les facteurs personnels, environnementaux et les habitudes de vie. L'élève présentant une déficience visuelle sera en situation de handicap scolaire s'il est empêché d'apprendre du manque de compatibilité des ressources qui lui sont proposées avec ses besoins spécifiques.

Un second enjeu de l'accessibilité numérique renvoie à la possibilité de supprimer ou d'alléger les processus d'adaptation des manuels scolaires. Pour l'heure, les éditeurs ont obligation de fournir aux associations disposant de l'agrément, les fichiers sources des manuels scolaires (loi n°2006-961¹²). Ces associations ont ensuite pour tâche de réaliser les adaptations et de les distribuer aux publics concernés. Si ces obligations se sont durcies ces derniers mois (ex : raccourcissement du délai de dépôt, formats de dépôt à privilégier), le périmètre d'adaptation des services de transcription tend à être modifié.

En cas d'existence d'une version numérique commerciale d'un manuel scolaire, les élèves malvoyants seraient invités à acheter, au même titre que les autres élèves, le manuel scolaire. Cette disposition marque le passage d'une conception de l'accessibilité basée sur l'adaptation « sur mesure », au cas par cas, au concept d'« accessibilité native » selon lequel un document ou une interface devrait être d'emblée accessible à tous sans nécessiter de travail d'adaptation supplémentaire.

10 voir Butcher, 2014 pour une synthèse

11 pour une synthèse voir Gentaz, 2009

12 Loi n°2006-961, dite loi DADVSI relative aux droits d'auteur et aux droits voisins dans la société de l'information

Or l'accessibilité peut être pensée à deux niveaux. Un premier niveau d'accessibilité renvoie à la possibilité d'accéder techniquement aux ressources pédagogiques (le contenu de la ressource est dit disponible). Dans le cas des élèves malvoyants et aveugles, il s'agit principalement de pouvoir utiliser des technologies d'assistance qui vont donner accès à des ressources pédagogiques numériques si celles-ci respectent un certain nombre de critères techniques dès la conception et le développement du support numérique, tels que les normes WCAG¹³ utilisées pour le Web (p. ex : fournir une alternative textuelle aux images, créer des contenus qui peuvent être présentés de différentes façons). Si les questions d'accessibilité Web ont fait l'objet de nombreuses recherches récentes (Giraud *et al.*, 2018 ; Giraud, Uzan et Théroutane, 2011), peu de données sont disponibles concernant l'accessibilité des apprentissages impliquant les technologies numériques pour les élèves en situation de handicap visuel. Or, la pertinence de transférer les critères d'accessibilité pour la conception Web, tel que les WCAG, à la conception de ressources pédagogiques numérique pour l'apprentissage des élèves ayant un handicap visuel, aussi tentante soit-elle, peut être questionnée sur le fond. En effet, la navigation Web se distingue de l'utilisation d'outils numériques pour l'apprentissage par les tâches et les objectifs d'utilisation.

De plus, si l'accessibilité technique des ressources pédagogiques numériques est un prérequis pour la réalisation de tâches d'apprentissage impliquant ces ressources, elle ne constitue pas une garantie de l'efficacité de l'apprentissage. En effet, accéder à un contenu conçu pour être appréhendé visuellement via les modalités sensorielles tactile ou auditive peut imposer des exigences mentales dont le coût cognitif peut porter préjudice à l'apprentissage. Ainsi, un second niveau d'accessibilité est lié à la possibilité pour ces élèves de traiter et de répondre aux contenus (Ketterlin-Geller et Tindal, 2007). Dans une perspective ergonomique, il s'agit de s'assurer que l'élève ayant un handicap visuel peut réaliser les tâches pédagogiques avec efficacité, efficience et satisfaction. Si ce type d'accessibilité s'avère plus complexe à obtenir en raison des spécificités de chaque handicap, les technologies numériques pour l'enseignement peuvent constituer un levier pour l'accessibilité grâce à la diversité de leurs fonctionnalités. Comme le souligne Gabriel et Ollier (2016, p.191), « la forme numérique des documents qu'il [l'outil informatique] produit génère une possibilité d'adaptation individualisée que n'offre pas le support papier, par exemple pour préparer des documents standards ou adaptés papier ou numérique gros caractères, texte braille ou images en relief. » Aussi, les technologies numériques pour l'enseignement offrent des fonctionnalités de navigation dans les documents qui peuvent faciliter l'activité de recherche d'information qui joue un rôle essentiel dans le traitement des documents pour un élève non ou mal voyant.

2. Méthodologie

L'objectif de cette étude exploratoire est d'apporter des éléments d'analyse de la situation actuelle en matière d'accessibilité des ressources pédagogiques pour les élèves non et mal voyants inclus en classe ordinaire. Il s'agit de comprendre le contexte de l'inclusion scolaire du point de vue de la question de l'accessibilité des documents pédagogiques pour l'apprentissage en repérant les principaux modes d'accès aux ressources pédagogiques utilisés par les élèves non- et malvoyants (technologies d'assistance, sollicitation de l'AESH, adaptations, etc.) et les difficultés qu'ils rencontrent pour apprendre avec des ressources pédagogiques. Dans le cadre de cette étude, les ressources pédagogiques numériques et traditionnelles ont été considérées afin d'anticiper les éventuels problèmes futurs liés à l'utilisation plus importante des technologies numériques pour l'enseignement dans les salles de classe.

Le recueil de données a été réalisé en France et élargi à la Suède afin que les éléments descriptifs livrés ne soient pas spécifiques à la situation française. Si, comme nous l'avons mentionné plus haut, le plan numérique pour l'éducation dénote d'une volonté de développer l'utilisation des technologies numériques pour l'enseignement, la France accuse un certain retard sur ce point, alors que la situation en Suède, au contraire, témoigne d'avancées considérables. Ainsi, tous les élèves suédois non-voyants disposent d'une version numérique adaptée de chacun de leurs manuels scolaires, ce qui n'est pas le cas en France. Le recueil de données en France et en Suède n'a donc pas de visée comparative mais cherche plutôt à tirer parti d'une diversité de fonctionnements, cultures, pratiques d'adaptation et de conception numérique différentes afin d'enrichir la description visée.

Les données ont été recueillies selon une approche exploratoire, qualitative et ouverte car l'objectif n'était pas d'aboutir à une quantification ou un diagnostic des problèmes d'accessibilité mais plutôt de pouvoir mieux qualifier les modes d'accès existants aux ressources pédagogiques et les problèmes associés. Les techniques utilisées consistaient en 1) des observations en classes d'élèves non et malvoyants en situation de voir accéder à une ressource pédagogique, 2) des entretiens auprès d'élèves non et malvoyants centrés sur la question de l'accessibilité des ressources pédagogiques.

Plus précisément, environ 70 heures d'observations ont été réalisées et 2 entretiens semi-directifs. Les observations ont été réalisées au sein d'établissements français et suédois. En France, cinq élèves de primaire (2 élèves non-voyants et 3 élèves malvoyants) et dix collégiens (2 élèves non-voyants et 8 élèves malvoyants) ont été observés au sein de leur établissement scolaire, ce qui représente un total de 45 heures (20 heures en primaire et 25 heures en collège). En Suède, un élève non voyant en primaire, un élève mal voyant en collège et un élève non voyant en lycée ont été observés pour un total de 25 heures. Lors de ces observations, l'attention de l'observateur était focalisée sur les situations d'accès à des ressources pédagogiques (au sens large, p. ex. le discours de l'enseignant est considéré comme une ressource) et pour chaque situation, il était relevé comment l'élève accédait à la ressource (changement de modalité sensorielle, technologie d'assistance, adaptation, aide humaine, etc.) et les difficultés associées lorsqu'elles étaient manifestes (échecs d'accès, p. ex.). Chaque observation était suivie d'un court échange avec l'élève ou son enseignant spécialisé pour répondre à des questions spécifiques de l'observateur sur des éléments observés en classe. Les notes prises lors des échanges ont systématiquement donné lieu à un compte rendu. En raison de la taille limitée de l'échantillon et de la difficulté à établir un échantillon représentatif de la diversité des élèves aveugles et mal voyants inclus en classe ordinaire, nous avons choisi de ne pas traiter les fréquences d'occurrences des difficultés ou modes d'accès relevés mais de nous en tenir à une description catégorielle des éléments observés. Deux entretiens semi-directifs concernant les difficultés rencontrées pour accéder aux ressources pédagogiques en inclusion ordinaire ont été menés auprès de deux étudiantes suédoises non voyantes ayant été scolarisées en milieu ordinaire. Ces entretiens étaient centrés sur la perception qu'avaient les deux étudiantes de l'accessibilité des ressources pédagogiques dans le contexte d'inclusion en milieu ordinaire. En raison du nombre limité d'entretiens réalisés, l'analyse est restée manuelle et a consisté à sélectionner dans les entretiens les éléments pertinents livrés par les interviewées à propos des façons d'accéder aux ressources pédagogiques et des difficultés rencontrées.

3. Résultats

Les résultats présentés sont structurés en trois questions : (1) les élèves ont-ils accès à tous les contenus pédagogiques numériques ? (2) rencontrent-ils des difficultés à traiter ces contenus ? et (3) quelles sont les conséquences de ces difficultés ? Les informations relatives à l'accès aux contenus pédagogiques en situation d'apprentissage en France et en Suède ont été traitées ensemble.

3.1. Description des différents modes d'accès aux ressources pédagogiques

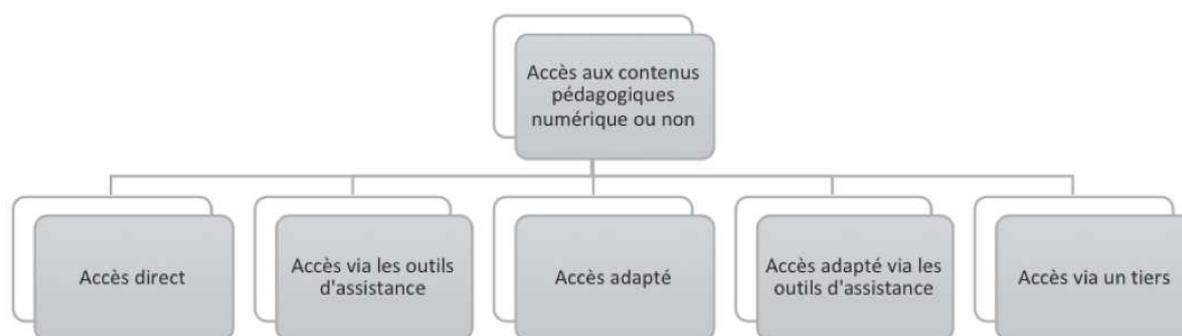


Figure 1. Résumé des principaux modes d'accès aux contenus pédagogiques pour les élèves aveugles ou malvoyants

Cinq principaux modes d'accès aux ressources pédagogiques ont émergé des données issues des observations et des entretiens réalisés auprès des élèves non et malvoyants :

- **un accès direct** : l'élève accède directement au contenu pédagogique. C'est par exemple le cas, lorsque l'enseignant explique oralement une notion à la classe. L'élève a alors accès au même contenu verbal que ses camarades. Si cette situation peut laisser à penser, de prime abord, que dans ce cas, l'élève non ou malvoyant a accès aux mêmes contenus que ses camarades voyants, il convient de noter toutefois qu'une partie de la dimension paraverbale est perdue, notamment les expressions faciales et les gestes. Or, l'impossibilité de déterminer à quoi réfèrent des expressions déictiques (« ici », « dans cette portion du graphique, on voit bien que ... ») peut porter atteinte à la compréhension des informations.

- **un accès via les outils d'assistance** : l'élève accède au même contenu pédagogique que ses camarades via l'utilisation d'un outil d'assistance et le contenu est transformé dans une autre modalité sensorielle que celle de départ (le texte écrit est transformé en discours oralisé ou braille). C'est le cas, par exemple, lorsque l'élève lit auditivement un ouvrage à l'aide d'une application dédiée de type Legimus (Suède) ou Audible (France). Un pré-requis est que le document soit compatible au plan technique avec les technologies d'assistance utilisées.
- **un accès adapté** : l'élève accède à une version adaptée du contenu pédagogique. Le document initial a été transformé par un processus d'adaptation. C'est le cas, par exemple, lorsque l'élève dispose de la version braille d'un document. Le contenu a été préalablement transcrit en braille par un service de transcription et éventuellement adapté pour être rendu accessible pour l'élève. Cela suppose en amont une anticipation des ressources pédagogiques à adapter (car l'adaptation suppose un délai) et souvent la ressource n'est pas totalement adaptée : des contenus spécifiques sont sélectionnés par l'enseignant et/ou l'enseignant spécialisé et/ou la personne en charge de la transcription. Ainsi, si l'accès est adapté, il est souvent restreint à certains types de contenus jugés prioritaires au sein de la ressource pédagogique.
- **un accès adapté via un outil d'assistance** : l'élève accède à une version adaptée du contenu pédagogique via un outil d'assistance. C'est le cas par exemple lorsque les manuels scolaires sont adaptés en version numérique. Le manuel est alors accessible via un ordinateur et un logiciel de lecture spécifique. Cela suppose que l'élève soit équipé d'un ordinateur et sache l'utiliser, ce qui n'est pas toujours le cas.
- **un accès via un tiers** : l'élève dispose du contenu grâce à la verbalisation par un tiers. Généralement, cette tâche est réalisée par l'AESH ou l'enseignant, mais parfois cela peut être fait par ses camarades.

3.2. *Description des difficultés d'accès aux contenus pédagogiques*

Les élèves aveugles ou malvoyants accédant aux ressources pédagogiques par des modalités différentes de celles de leurs camarades, les spécificités de ces modalités peuvent parfois engendrer des difficultés. Les observations et entretiens réalisés montrent que les élèves rencontrent trois types de problèmes : 1) des problèmes d'accès, 2) des problèmes de traitement de l'information contenu dans le document et 3) des problèmes d'interaction avec le contenu.

3.2.1. *Les problèmes d'accès*

Les élèves disposent d'outils informatiques, les technologies d'assistance, leur permettant d'accéder aux ressources pédagogiques : plage braille, lecteurs d'écran, synthèse vocale ou logiciel d'agrandissement. Cependant, les observations et entretiens réalisés ont mis au jour des cas où les ressources ou certains contenus dans les ressources pédagogiques ne sont pas accessibles du tout.

Dans le premier cas, la ressource existe mais elle n'a pas fait l'objet d'une adaptation. Il est fréquent qu'aucune alternative textuelle ne soit proposée en remplacement des images (ex : les informations inscrites au tableau), ni même de description lors de visionnages de films. Prenons l'exemple d'un cours d'allemand basé sur le visionnage d'une vidéo en allemand comportant des sous-titres en français. Dans ce cas, l'élève non voyant ne peut pas, contrairement à ses camarades, s'appuyer sur les indices du contexte visuel des scènes du film, ni sur les sous-titres en français pour améliorer sa compréhension des dialogues en allemand.

Dans le second cas, l'adaptation a été réalisée mais l'élève ne peut y accéder pour des raisons techniques : des applications impossibles à ouvrir sur le bloc-notes braille, des documents que la synthèse vocale ne peut pas lire ou des formats incompatibles avec les logiciels des élèves. Ceci est encore plus fréquent lorsque l'élève utilise un bloc-notes braille. Bien que la conversion des fichiers dans un format compatible soit possible et rapide, les élèves ou professeurs oublient régulièrement de réaliser cette étape, ce qui rend la lecture des supports impossible.

3.2.2. *Les problèmes de traitement des contenus pédagogiques numériques*

Le fait de pouvoir accéder techniquement au contenu ne garantit pas l'accessibilité effective, c'est-à-dire la possibilité pour l'élève de traiter efficacement les informations dans le document. Il s'agit ici souvent de difficultés liées au changement de modalité sensorielle.

Le traitement des ressources pédagogiques pour apprendre implique souvent la construction d'une représentation cohérente, organisée de ces contenus (Mayer, 2014). A l'écrit, des indices visuels structuraux sont disponibles afin de guider l'apprenant dans sa prise d'information et dans la construction de cette représentation organisée. Les titres, paragraphes, indices typographiques et autres marqueurs visuels sont une aide pour l'élève voyant (Lemarié, Lorch, Eyrolle, et Virbel, 2008), notamment pour se construire une vue d'ensemble de l'organisation d'un document. Or, les données recueillies révèlent que les marqueurs structuraux sont souvent omis lors de l'adaptation des contenus pédagogiques. Une des principales raisons provient du fait que ces indices sont complexes à restituer dans une modalité autre que visuelle. Le gras, l'italique ou l'usage de couleurs ainsi que beaucoup d'autres marqueurs n'ont pas d'équivalent dans le langage braille. Lorsqu'ils existent, l'insertion de ces marqueurs vient augmenter la longueur de contenus déjà très volumineux (ex : un manuel de mathématiques équivaut à 11 volumes braille + un classeur contenant les images thermogonflées). Par souci d'économie de place mais aussi de contrainte de lecture, ces marqueurs sont généralement supprimés des adaptations. Si le document est accessible en version numérique et que le marquage a été correctement réalisé, l'élève peut parvenir à accéder à ces informations via les fonctionnalités de la synthèse vocale. Cependant, la fugacité du mode audio réclame un maintien du focus attentionnel qui s'avère coûteux pour l'élève. Aussi, ces marqueurs jouent parfois un rôle encore plus important dans la compréhension en facilitant la création de liens entre différentes informations, comme par exemple dans le cas de la double page du manuel scolaire, des paragraphes en parallèle ou des notes dans les marges. Dans ce cas, l'élève dispose des contenus, mais l'absence de restitution de la structure globale du document complexifie le processus de mise en relation des informations et exige un travail de synthèse cognitive important.

Les contenus pédagogiques étant principalement véhiculés par la modalité visuelle, les élèves aveugles ou malvoyants se trouvent régulièrement dans l'incapacité de traiter les informations fournies et ainsi de réaliser la tâche d'apprentissage. Les exercices avec des références trop importantes à des contenus visuels sont tout simplement impossibles à réaliser malgré leur accessibilité technique. Par exemple, il est courant qu'en histoire, les élèves aient à commenter des documents imagés (ex : tableaux, affiches, etc.). Si une description de l'image est fournie, elle ne permet généralement pas à l'élève de réaliser le commentaire puisque soit la description ne comporte pas assez d'informations pour réaliser la tâche, soit au contraire les éléments de réponse sont déjà formulés dans la description. Aussi, le changement de modalité sensorielle, malgré le processus d'adaptation, peut parfois conduire à dénaturer l'intérêt pédagogique d'un exercice.

Tous les élèves que nous avons observés ont rencontré des problèmes dans le traitement des contenus en raison de contraintes temporelles. Les tâches proposées aux élèves sont calibrées sur des temps de réalisation basés sur un accès visuel aux informations. Or, la lecture braille ou auditive entraînent des temps de traitement plus longs. Les observations ont mis en évidence un retard fréquent de ces élèves lors de la réalisation d'exercices en classe. Dans ce cas, soit l'élève réalise les exercices qu'il n'a pas eu le temps de faire après les horaires de cours, soit, il ne réalise que partiellement l'exercice ou la liste d'exercices prévus. Au vu de la charge de travail de ces élèves, un compromis est souvent trouvé. Par exemple, il s'agit généralement de réaliser seulement les exercices jugés les plus pertinents compte tenu de l'objectif pédagogique sans que l'on sache si cette réduction défavorise ou non l'élève dans ses acquisitions. C'est ainsi comme souvent la réduction de l'ampleur de la tâche qui est privilégiée par les enseignants comme moyen d'adaptation.

Une autre difficulté que rencontrent les élèves aveugles ou malvoyants concerne la recherche de contenus particuliers dans le document. Si pour l'élève voyant, une stratégie de recherche peut consister à balayer du regard le document, l'élève malvoyant ou aveugle doit lire l'ensemble du contenu d'un document braille par exemple jusqu'à atteindre l'objet recherché. Ce processus peut s'avérer long et coûteux. Dans le cas d'une version numérique, cette recherche est simplifiée par la présence d'un moteur de recherche ou par une technique d'écoute accélérée.

Si la variété des médias offerts par les supports numériques permet de soutenir le processus d'apprentissage chez l'élève tout venant en sollicitant plusieurs modalités sensorielles (la vision et l'audition), les besoins éducatifs spécifiques des élèves non et malvoyants sont souvent oubliés lors de l'utilisation de ces supports. Les élèves perdent ainsi tout le bénéfice lié à la présentation multimédia de l'information, ce qui peut nuire au traitement des contenus et ce d'autant plus si les informations sonores et visuelles sont complémentaires (un graphique et son commentaire oral p. ex.). La possibilité pour les élèves de disposer alors d'équivalents tactiles aux images peut alors être apprécié.

3.2.3. Les problèmes d'interaction avec le contenu

Outre les problèmes d'accès et de traitement, les élèves rencontrent des difficultés pour interagir avec les ressources pédagogiques. Les principaux problèmes rencontrés sont liés à des supports de réponse incompatibles, des contraintes temporelles trop importantes pour réaliser la tâche ou des difficultés de navigation et de recherche de contenus textuels particuliers.

Un des atouts du numérique est qu'il permet d'inclure une dynamique plus importante dans les apprentissages. Les élèves ont, par exemple, la possibilité de réaliser des exercices interactifs ou de consulter des cartes dynamiques. S'il semble que ce type de contenus entraîne une certaine motivation chez l'élève tout venant (Nikitopoulos, 2017), il peut être source d'abandon pour l'élève non ou malvoyant. Les supports de réponses s'avèrent souvent inadaptés à ses caractéristiques, par exemple, relier à l'aide de la souris les mots synonymes entre 2 colonnes de mots ou cliquer sur l'élément correct lorsqu'il apparaît. Outre le support de réponse, souvent le temps alloué à la réponse est trop court pour que l'élève ait le temps de réaliser l'exercice. Prenons l'exemple de l'usage d'un site éducatif de mathématiques que nous avons pu observer. Ce site propose un quizz interactif. Les questions sont projetées sur le tableau et les élèves disposent de 30 secondes pour y répondre via leur tablette. Ce type d'exercice est impossible à réaliser pour un élève non ou mal voyant car (1) l'application n'est pas compatible avec la synthèse vocale, (2) le délai de 30 secondes pour sélectionner la réponse est trop court (la question et les propositions doivent être lues par l'assistant), (3) l'interaction avec les autres élèves n'est pas optimale puisque toutes les informations projetées au tableau ne sont pas disponibles pour cet élève.

3.3. Conséquences

Les élèves aveugles ou malvoyants rencontrent généralement des difficultés dans l'accès, le traitement et l'interaction avec les contenus pédagogiques numériques ou non. Ces difficultés ne sont pas sans incidence sur leur scolarisation.

Une conséquence du manque d'accessibilité des contenus pédagogiques est l'accroissement des difficultés d'inclusion des élèves. Les interactions avec les enseignants sont rendues complexes et le travail collaboratif souvent problématique. Les élèves sont régulièrement dans des situations où l'absence d'accessibilité d'un support les conduit à utiliser un support différent de leurs camarades. Ils ne peuvent alors pas collaborer avec ces derniers. Certains refusent même les travaux de groupe car ils craignent d'être une gêne pour leurs camarades dans la réalisation de l'exercice. Aussi, l'utilisation de supports autres vient accentuer leurs différences et peut parfois générer des difficultés d'insertion sociale à l'école. Certains élèves cherchent à utiliser des outils les plus discrets possibles (par exemple, les écouteurs sans fil) pour éviter d'être trop distincts. Les élèves que nous avons rencontrés ont fait état de difficultés dans les interactions avec les pairs durant les temps scolaires mais aussi hors des temps scolaires.

Le manque d'accessibilité numérique entraîne aussi une dépendance forte de l'élève à l'égard d'un tiers. Sans une verbalisation par l'enseignant, l'AESH ou un camarade, l'élève ne dispose pas de certains contenus. D'abord, certaines informations ne sont jamais disponibles car les enseignants oublient de les verbaliser (ex : contenus inscrits au tableau). L'élève rate ainsi un nombre important d'informations. Ensuite, par sa fugacité, la modalité auditive présente des contraintes fortes en matière de traitement de l'information. Si les capacités de focus attentionnel au niveau auditif sont plus performantes chez les élèves aveugles que chez les autres élèves (Cattanéo et Vecchi, 2011), faire face à ces exigences sur le long terme s'avère très coûteux et les élèves évoquent souvent leur état de fatigue. Les observations ont révélé que parfois ces élèves arrêtent leurs tâches d'apprentissage, car ils sont trop fatigués et non parce qu'ils ne connaissent pas les réponses (ex : lors d'un examen).

4. Conclusion et perspectives

Le manque d'accessibilité des contenus pédagogiques constitue aujourd'hui une entrave au bon déroulement des tâches d'apprentissages pour les élèves non et malvoyants scolarisés en établissement scolaire ordinaire. De même, les contenus pédagogiques numériques disponibles sur le marché ne sont pas pensés pour être utilisés par ces élèves. Ils sont souvent incompatibles avec les outils d'assistances des élèves et leurs besoins spécifiques.

Cependant, si l'accessibilité des technologies numériques pour l'enseignement étaient garantie, elles pourraient se constituer en une aide en faveur de l'autonomie en raison de la diversité et de la flexibilité des formats de présentation possibles. Si la conception de supports numériques pédagogiques est pensée en prenant en compte divers profils d'élèves, les adaptations ultérieures pourraient être simplifiées. Aussi, nous pouvons imaginer que certains contenus soient nativement accessibles. Le concept d'accessibilité native renvoie à l'idée qu'un outil soit accessible à tout type de population dès sa conception. Les éditeurs se sont engagés à traiter ces questions pour les ouvrages littéraires. Actuellement, de par leur complexité (ex : structure en double page, richesse d'éléments visuels interactifs, grande hétérogénéité de contenus), les manuels scolaires numériques ne pourront atteindre une accessibilité native totale, cependant, l'atteinte, à minima, d'une accessibilité technique est envisageable. Dans ce cas, les services d'adaptation se concentreraient sur les adaptations pédagogiques. Ces modifications dans les processus d'adaptation pourraient notamment permettre de raccourcir les délais de livraison et d'alléger des services souvent débordés. Une autre possibilité est d'engager un processus de simplification des manuels scolaires pour favoriser leur accessibilité native.

Bien que pour l'heure, les adaptations soient principalement réalisées en version braille papier, le format numérique constitue aussi une piste à explorer en matière de format d'adaptation. Aussi, des pays européens tels que la Suède ou les Pays Bas, proposent à leurs élèves aveugles des versions numériques de manuels scolaires adaptés. Outre l'aspect pratique (ex : gain de place, facilité de transport), ces versions permettent aux élèves aveugles de bénéficier de fonctionnalités d'aide dans leurs usages du manuel. Par exemple, il est possible de rechercher une information par page ou par mot clef. Ces fonctionnalités constituent une aide puisqu'elles permettent de diminuer le temps alloué à des tâches non directement pertinentes pour les apprentissages. Une version numérique permet à l'élève de lire ou d'écouter son manuel scolaire tout en ayant la possibilité de réaliser des exercices ou de prendre des notes sur un document annexe.

Les formats numériques peuvent favoriser les échanges avec les enseignants ainsi que les travaux collaboratifs en permettant aux élèves aveugles de disposer des contenus dans des formats divers (visuel, tactile et auditif). Pour conserver l'exemple du manuel scolaire numérique adapté, celui-ci peut être lu directement sur l'écran d'ordinateur par l'enseignant ou les parents, via la plage braille ou en version audio par l'élève. Il est important de noter que rares sont les enseignants et les familles ayant des connaissances en braille suffisantes pour accompagner l'élève dans ces apprentissages. Ce constat est marqué par une contradiction forte, à savoir : la nécessité d'avoir un tiers pour accéder aux informations et souvent la complexité d'échanger des productions avec cette même personne qui généralement ne maîtrise pas le braille. Aussi, le numérique permet d'avoir à disposition des documents accessibles simultanément en noir et en braille favorisant ainsi les interactions dans les diverses tâches d'apprentissages.

Cette étude exploratoire a permis d'appréhender les modalités d'accès aux contenus pédagogiques numériques, d'identifier des difficultés d'accès que rencontrent les élèves mais aussi les conséquences de celles-ci. Si l'étude révèle que les élèves rencontrent de nombreuses difficultés dans l'accès aux contenus pédagogiques, le numérique pourrait permettre de pallier certaines d'entre elles. Il serait important de conduire de nouvelles études afin de quantifier les difficultés que rencontrent les élèves et de prioriser les interventions à mener. S'il est rendu accessible, le numérique pourrait alors constituer une aide importante à la scolarisation des élèves déficients visuels et plus généralement, des élèves présentant un handicap.

Remerciements

La présente étude a été réalisée dans le cadre d'une thèse financée par la région Occitanie et l'Université Fédérale de Toulouse Midi-Pyrénées. Elle bénéficie également d'un soutien financier de la FIRAH (Fondation Internationale de la Recherche Appliquée sur le Handicap).

Les auteurs remercient l'IJA de Toulouse, le CIVAL Lestrade de Ramonville et SPSM, qui nous ont ouvert leurs portes pour le recueil de données. Merci aux élèves, enseignants, transcripteurs et assistants qui ont accepté de participer à cette étude.

Références bibliographiques

- Amadiou, F. & Tricot, A. (2014). *Apprendre avec le numérique : mythes et réalités*. Paris : Retz
- Benoit, H. & Sagot, J. (2008). L'apport des aides techniques à la scolarisation des élèves handicapés. *La nouvelle revue de l'adaptation et de la scolarisation*, Suresnes : les éditions de l'INSHEA, 3(43), 19-26.
- Bris, M. (2016). L'utilisation des documents graphiques. Dans N. Lewi-Dumont (Ed.), *Enseigner à des élèves aveugles ou malvoyants* (155-167). Canopé.
- Butcher, K. (2014). The multimedia principle. Dans R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia Learning* (pp. 263-278). New York, NY: Cambridge University Press.
- Brangier, E., & Barcenilla, J. (2003). *Concevoir un produit facile à utiliser : Adapter les technologies à l'homme*. Paris : Éditions d'Organisation.
- Cattaneo, Z., & Vecchi, T. (2011). *Blind Vision: The Neuroscience of Visual Impairment*. Cambridge, MA: MIT Press
- Delaubier, J-P., Braun, G., Favey, É., Perez, M., Poncet, Y., Rehel, C., & Richet, B. (2015). L'utilisation pédagogique des dotations en numérique (équipements et ressources) dans les écoles. *Rapport n°2015-070, juillet 2015*. Ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.
- Folcher, V., & Lompré, N. (2012). Accessibilité pour et dans l'usage : concevoir des situations d'activité adaptées à tous et à chacun. *Le Travail Humain*, 75(1), 89.

- Fougeyrolles, P. (2016). Influence d'une conception sociale, interactionniste et situationnelle du handicap au sein d'un mécanisme de suivi de la mise en œuvre du droit à l'égalité : le modèle québécois. *Revue française des affaires sociales* 2016/4(, p.51-61).
- Gentaz, É. (2009). *La main, le cerveau et le toucher*. Paris : Dunod.
- Giraud, S., Théroouanne, P., & Steiner, D. (2018). Web accessibility: Filtering redundant and irrelevant information improves website usability for blind users. *International Journal of Human-Computer Studies*, 111, p.23-35.
- Giraud, S., Uzan, G., & Théroouanne, P. (2011). L'accessibilité des interfaces informatiques pour les déficients visuels. Dans J. Dinet & C. Bastien (Eds.), *L'ergonomie des objets et environnements physiques et numériques*. (pp. 279–304). Paris, France : Hermes - Sciences Lavoisier.
- Hatwell, Y. (2003). *Psychologie cognitive de la cécité précoce*. Paris : Dunod.
- Kalyuga, S. & Sweller, J (2014). The redundancy principle in multimedia learning. Dans R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia Learning* (pp. 247–262). New York, NY: Cambridge University Press.
- Ketterlin-Geller, L. R., & Tindal, G. (2007). Embedded Technology: Current and Future Practices for Increasing Accessibility for All Students. *Journal of Special Education Technology*, 22(4), 1–15.
- Lemarié, J., Lorch, R. F., Eyrolle, H., & Virbel, J. (2008). SARA: A text-based and reader-based theory of signaling. *Educational Psychologist*, 43(1), 27–48.
- Lewi-Dumont, N. (2016). *Enseigner à des élèves aveugles ou malvoyants*. Canopé Éditions.
- Mayer, R. E (2014), *Cambridge handbook of multimedia Learning* (pp. 279–315). New York, NY: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E., & Fiorella, L (2014). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning : Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity principles. Dans R. E. Mayer (Ed.), *Cambridge handbook of multimedia Learning* (pp. 279–315). New York, NY: Cambridge University Press.
- Nikitopoulos, C. (2017). *Les illustrations interactives dans le manuel scolaire numérique en France. Usages et impacts sur l'appropriation*. (Thèse de doctorat inédite). Université Bordeaux Montaigne.
- Petrie, H., Fraser, H., & Neil, K. (2004). *Tension, what tension? Website accessibility and visual design*. Proceedings of the 2004 international cross-disciplinary workshop on Web accessibility (pp. 13–18). New York, USA: ACM.
- Power, C., Freire, A., Petrie, H., & Swallow, D. (2012). Guidelines are only half of the story: accessibility problems encountered by blind users on the web. In SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 433–442). New York, NY: ACM.
- Theofanos, M. F., & Redish, J. (Ginny). (2003). Guidelines for Accessible and Usable Web Sites: Observing Users Who Work With Screen Readers. *Interactions*, 10(6), 38–51.
- Tricot, A. (2007). *Apprentissage et documents numériques*. Paris : Belin.