

Faut-il sauver les algorithmes d'affectation ?

Affelnet, mouvement des enseignants et Parcoursup

Synthèse

Julien Combe,
*University College
London*

Victor Hiller,
*Université Paris II
Panthéon Assas*

Olivier Tercieux,
*Ecole d'Economie de
Paris et CNRS*

Camille Terrier,
*Massachusetts Institute
of Technology*

*Les analyses et opinions
exprimées au sein de
cette note n'engagent
que ses auteurs et non
leurs institutions
respectives*

6 juin 2018

Depuis plusieurs années, l'utilisation des algorithmes comme outils d'aide à la décision tend à se généraliser dans les administrations publiques. Ceci est particulièrement vrai au sein de l'Education nationale où les décisions ayant trait à la gestion des ressources humaines ou à l'affectation des élèves aux établissements scolaires mobilisent désormais très largement l'algorithmique.

Ces algorithmes d'affectation se retrouvent aujourd'hui au cœur du débat public. Parfois accusés d'être à l'origine de décisions « inhumaines » ou d'être déconnectés de volonté politique, ils sont l'objet de critiques particulièrement virulentes. Dans cette note, nous nous interrogeons sur l'origine des nombreux dysfonctionnements observés ces dernières années et sur le rôle réel ou supposé joué par les algorithmes dans ces dysfonctionnements. Faut-il sauver les algorithmes d'affectation et, si oui, comment ?

Pour répondre à ces questions, nous décrivons en détail, et d'une façon que nous espérons pédagogique, le fonctionnement de certains de ces algorithmes d'affectation. Notre objectif est de familiariser les lecteurs avec ces procédures ayant des conséquences si importantes sur nos vies quotidiennes et d'en dévoiler le contenu normatif. Nous cherchons à faire comprendre que, loin d'être un simple outil technique, l'algorithme d'affectation peut être un instrument

puissant de politique publique. A ce titre, le choix de ces algorithmes doit faire l'objet de réflexions, éclairées par une évaluation précise de leurs conséquences. Notre propos s'appuie sur l'étude de deux cas : la procédure d'affectation des élèves de troisième aux lycées (Affelnet) et la procédure d'affectation des enseignants aux établissements publics. Dans chacun de ces cas, nous décrivons l'algorithme à l'œuvre, nous illustrons son fonctionnement à travers des exemples simples et nous précisons ses conséquences, parfois inattendues. Cette analyse illustre à quel point l'atteinte des objectifs du décideur public (tels que la mixité sociale par exemple) est influencée par le choix d'algorithme. Nous soulignons ainsi l'importance pour l'administration publique de s'approprier cet outil.

Plus spécifiquement, dans le cas d'Affelnet, nous montrons que l'algorithme utilisé actuellement peut être amélioré dans plusieurs dimensions considérées pertinentes par l'administration, comme la satisfaction des élèves, en particulier, ceux issus des milieux défavorisés. A l'aide d'exemples simples, nous expliquons comment le choix actuel d'algorithme peut aller à l'encontre de l'objectif annoncé de mixité sociale dans les lycées. Nous expliquons aussi pourquoi l'affectation à laquelle cet algorithme aboutit n'est pas si différente d'une affectation basée sur la carte scolaire, dans la plupart des académies.

Pour l'affectation des enseignants, nous rendons explicites les arbitrages politiques sous-jacents à l'algorithme utilisé. Nous proposons une palette d'alternatives, ainsi qu'une évaluation de chacune de ces alternatives à partir des données de mobilité. Nous expliquons comment un changement d'algorithme d'affectation permettrait d'atteindre des objectifs politiques de premier ordre, tels que l'accroissement de la mobilité enseignante, tout en ciblant une plus grande égalité entre académies.

Nous abordons ensuite le cas de Parcoursup. Sur la base des analyses développées pour Affelnet et de l'affectation des enseignants, nous proposons une évaluation de cette procédure. Le défaut principal de Parcoursup tient, selon nous, à la lenteur de cette procédure. Au-delà des conséquences directes en termes de stress pour les candidats, nous mettons en avant une série de conséquences indirectes – telles que le développement de comportements stratégiques de la part des étudiants et des formations – pouvant avoir des effets

indésirables. Nous formulons des pistes d'amélioration dans cette dimension.

Etant donné la complexité des problèmes d'affectation analysés dans cette note et les conséquences décisives des choix d'algorithme d'affectation, il est primordial que ces choix soient guidés par une compréhension claire des propriétés des différents algorithmes disponibles. Pour que les décideurs publics prennent la pleine mesure de ce rôle, il nous semble important qu'ils s'appuient sur l'expertise des chercheurs spécialistes du domaine, ayant une connaissance fine des propriétés des algorithmes d'affectation, d'une part, et sur des simulations numériques, basées sur les données recueillies, afin d'anticiper les effets de toute modification de l'algorithme, d'autre part. Il est primordial, également, que ces choix soient faits de façon transparente et fassent l'objet d'une large communication auprès du public concerné.

Pour que ces principes puissent être mis en application, nous suggérons le développement d'une agence chargée de l'affectation des enseignants et des élèves dans le secondaire et le supérieur. Cette agence aurait pour mission de récolter et rendre exploitables, chaque année, les données d'affectation des élèves, étudiants et enseignants. L'agence mènerait également des simulations, basées sur les données récoltées, qui permettraient d'évaluer les conséquences de la mise en œuvre d'algorithmes alternatifs. Ce travail, exécuté en collaboration avec des conseillers scientifiques issus du milieu universitaire, servirait à éclairer le décideur public dans l'optique d'un changement d'algorithme. L'agence serait également chargée de faire tourner les algorithmes choisis afin de produire les affectations finales. Cette agence aurait enfin une mission d'information sur les algorithmes retenus de manière à les rendre le plus transparents possible.

SOMMAIRE

Introduction.....	5
1. L'affectation des collégiens aux lycées : le cas d'Affelnet	10
1.1. Quels sont les objectifs affichés lors de l'adoption d'Affelnet ?	11
1.2. Un exemple simple où un choix malheureux d'algorithme compromet les objectifs affichés.....	12
1.3. Affectation des élèves aux lycées : quelles leçons retenir ?	19
2. L'affectation des enseignants du secondaire aux académies et établissements scolaires	21
2.1. L'affectation des enseignants : de quoi parle-t-on ?	21
2.2. Les objectifs de l'affectation des enseignants : entre mobilité des enseignants, égalité entre académies et respect du barème des enseignants, la transparence s'impose.....	23
2.2.1. Arbitrage entre mobilité et répartition des enseignants sur le territoire	23
2.2.2. Arbitrage entre mobilité et respect du barème	24
2.2.3. Transparence sur les objectifs du processus d'affectation	24
2.2.4. Une spécificité de l'affectation des enseignants : la garantie de pouvoir rester dans son académie/établissement d'origine si aucune des mutations n'est obtenue	25
2.3. L'algorithme actuel d'affectation des enseignants	26
2.4. Arbitrage entre mobilité des enseignants et respect du barème	29
2.5. Un algorithme alternatif : mobilité accrue au prix de violations de barème	31
2.6. Affectation des enseignants : quelles leçons retenir ?	36
3. L'affectation des étudiants aux universités : d'APB à Parcoursup.....	37
3.1. APB : les principales critiques	37
3.2. Description de Parcoursup	38
3.3. Risques associés à la nouvelle procédure Parcoursup.....	40
3.3.1. Lenteur et incertitude pour les candidats	40
3.3.2. Non-convergence de la procédure et risque de non-affectation	41
3.3.3. Développement de comportements stratégiques de la part des élèves	42
3.3.4. Développement de comportements stratégiques de la part des formations	42
3.4. Quel bilan tirer du remplacement d'APB par Parcoursup.....	43
3.5. Améliorer Parcoursup : Quelles recommandations ?	44
4. Conclusion : Pistes pour une nouvelle agence	46

INTRODUCTION

Depuis plusieurs années, l'utilisation des algorithmes comme outils d'aide à la décision tend à se généraliser dans les administrations publiques¹. Ceci est particulièrement vrai au sein de l'Education nationale où les décisions ayant trait à la gestion des ressources humaines ou à l'affectation des élèves aux établissements scolaires mobilisent désormais très largement l'algorithmique.

Les algorithmes se retrouvent aujourd'hui au cœur du débat public. Accusés parfois d'être à l'origine de décisions inhumaines ou déconnectées de toute volonté politique, ils sont l'objet de critiques particulièrement virulentes. A ce titre, l'exemple de la procédure d'admission post-bac (APB), l'algorithme en charge de l'affectation des élèves de terminale aux établissements du supérieur, était emblématique. Il lui a d'abord été reproché de procéder à un tirage au sort injuste des élèves acceptés dans une formation en cas de congestion et a ensuite été accusé d'avoir laissé de très nombreux candidats sans proposition d'admission à l'approche de la rentrée. APB a été remplacé par un nouveau dispositif appelé Parcoursup qui donne actuellement ses premiers résultats.

L'algorithme Affelnet, qui est utilisé pour l'affectation des élèves aux lycées, est également l'objet de critiques régulières. Les « décisions de l'algorithme » concernant l'affectation dans le lycée Turgot, dans l'académie de Paris, ont par exemple été abondamment commentées². Dans ce lycée, la proportion d'élèves boursiers est passée de 40 %, à la rentrée 2015, à 80 %, à la rentrée 2016. Pour un algorithme dont l'une des fonctions est d'assurer une certaine mixité sociale, le paradoxe est de taille. On reproche également à l'algorithme en charge de l'affectation des enseignants de limiter la mobilité géographique. En 2016, seuls 53 % des enseignants titulaires ayant fait une demande de mobilité entre académies ont obtenu satisfaction.

Ces problèmes conduisent, bien souvent, une partie des acteurs à demander une modification en profondeur des algorithmes d'affectation voire leur abandon pur et simple, comme cela a été le cas pour APB. Dans cette note, nous nous interrogeons sur l'origine

¹ Nous nous focaliserons ici sur l'Education nationale. Néanmoins, la décision publique s'appuie sur l'utilisation d'algorithmes dans bien d'autres contextes. Nous pouvons penser, par exemple, à l'attribution des logements sociaux, d'organes à des patients en attente de greffes, etc.

² Voir par exemple : « A Paris, le bug de l'affectation au lycée », *Le Monde*, 11 juillet 2016.

de ces dysfonctionnements et sur la pertinence de ces critiques. Faut-il sauver les algorithmes d'affectation et, si oui, comment ?

Encadré 1 : Qu'est-ce qu'un algorithme d'affectation ?

Un algorithme se définit comme une suite d'opérations aboutissant à la résolution d'un problème. En l'espèce, le problème à résoudre est un problème d'affectation : quels élèves ou quels enseignants envoyer dans quels collèges, lycées ou universités ?

Pour résoudre ce problème, l'algorithme d'affectation va utiliser, pour l'essentiel, deux éléments :

- 1) une liste de vœux ordonnés soumise par chaque élève/enseignant dans laquelle ces derniers ordonnent les établissements qu'ils souhaitent rejoindre ;
- 2) un classement, par ordre de priorité, de l'ensemble des élèves/enseignants dans chaque établissement. En général, cette liste de priorités est établie sur la base d'un système de points associés à différents critères. A titre d'exemple, un élève peut recevoir des points dans un établissement s'il habite à proximité, s'il est boursier ou en fonction de ses résultats scolaires.

Sur la base de ces deux éléments, un algorithme va produire une affectation : il va assigner chaque élève/enseignant à un établissement. Il est important de noter que la solution à un problème d'affectation n'est pas unique. Sur la base de listes de vœux et d'ordres de priorité identiques, différents algorithmes conduisent à différentes affectations.

Notons, plus généralement, que des algorithmes d'affectation sont régulièrement utilisés pour l'allocation des places de crèche, des logements sociaux, les affectations des internes à leur premier hôpital, ou même l'attribution d'organes à des patients en attente de greffes.

Pourquoi l'Education nationale utilise-t-elle des algorithmes ?

D'où vient ce souhait de l'administration d'utiliser une procédure automatisée ? Ce choix n'est pas spécifique à la France, il se retrouve dans de nombreux pays dans le monde³. Pour mieux le comprendre, il est utile de revenir plus largement sur les différentes méthodes pour affecter les élèves, étudiants ou enseignants aux établissements scolaires publics.

1. D'abord, les affectations peuvent être décidées de façon purement décentralisée, on parle parfois de « choix dérégulés ». Pour l'affectation des élèves, par exemple, ce système leur permet de candidater directement aux établissements de leur choix comme c'est le cas dans le privé⁴. Chaque établissement décide alors de sélectionner les élèves sur la base de

³ Voir, par exemple, l'information collectée sur le site <http://www.matching-in-practice.eu/>

⁴ L'Angleterre est un bon exemple du passage d'un choix dérégulé à un choix régulé. Avant 2003, les élèves candidaient de façon libre aux différents établissements scolaires. Certains recevaient plusieurs offres ; d'autres aucune. Les élèves sans offres (sur liste d'attente) attendaient que les élèves ayant plusieurs offres se désistent et libèrent ainsi des places. A partir de 2003, le gouvernement a imposé aux autorités locales de centraliser le système d'affectation pour que chaque famille ne reçoive qu'une seule offre. Cela s'est fait par l'adoption d'algorithmes d'affectation dans chacune des autorités locales.

critères qui lui sont propres. Cette méthode ne laisse donc que peu de place à un contrôle du système éducatif par l'Etat.

2. A l'autre extrême se situent des méthodes caractérisées par une absence de choix individuels. Décidée de façon centralisée, l'affectation est purement et simplement déterminée sur la base des critères édictés par l'Education nationale sans que les vœux des familles soient pris en compte. En France, pour l'affectation des élèves, la carte scolaire, utilisée jusqu'en 2007, est une méthode pouvant être apparentée à cette catégorie⁵.

3. La méthode du « choix régulé » se situe entre ces deux extrêmes. Elle laisse aux familles/enseignants la liberté d'exprimer leurs préférences tout en imposant un contrôle étatique afin que l'affectation obtenue respecte un certain nombre de critères. Dans ce système, une administration (le rectorat) collecte les vœux des élèves/enseignants et impose des critères de priorités reflétant ses objectifs politiques. Dans certains cas, les établissements eux-mêmes peuvent participer et choisir, dans une certaine mesure, leurs priorités. Le haut degré de centralisation crée des afflux importants de dossiers à traiter. Pour les agents du rectorat, décider d'une affectation satisfaisant au mieux les élèves/enseignants tout en respectant les critères de priorités est une tâche quasi impossible sans l'aide d'algorithmes pouvant aider à décider d'une affectation satisfaisante⁶.

Ainsi, lorsque l'administration opte pour le choix régulé, l'usage d'algorithmes semble naturel et, a priori, neutre. Il s'agit simplement d'un outil permettant de résoudre un problème complexe d'affectation. Mais, dans ce cas, comment en est-on arrivé à une situation dans laquelle ces algorithmes d'affectation concentrent autant de critiques ?

Algorithmes ou critères de priorités : qui est le fautif ?

Parmi les griefs faits aux algorithmes d'affectation, certains relèvent de faux problèmes ou, tout au moins, des problèmes qui ne concernent qu'indirectement l'algorithme. Par exemple, bien souvent, l'algorithme est accusé de trop favoriser certaines catégories comme, par exemple, les élèves boursiers. Il est aussi accusé d'utiliser des règles iniques, comme le tirage au sort, en cas de congestion sur certaines filières du supérieur. Les appels à la fin de l'usage d'algorithmes basés sur de telles critiques reposent souvent sur

⁵ La carte scolaire donne néanmoins la possibilité aux familles de demander des dérogations. Accordées selon des motifs prioritaires ou indicatifs définis par dispositions ministérielles, elles restent très encadrées.

⁶ A titre indicatif, chaque année, environ 65 000 enseignants demandent une mutation et près de 450 000 élèves doivent être affectés à un lycée public en seconde générale ou technologique.

une confusion entre deux objets : l'algorithme d'un côté et le système de priorités défini par l'administration de l'autre (voir encadré 1). Il faut rappeler que ces objets sont totalement distincts. Les priorités reflètent des objectifs politiques, en l'occurrence, sur la mixité sociale ou l'absence de sélection à l'entrée de certaines filières du supérieur. Si, pour une raison quelconque, ces objectifs ne sont pas suffisamment partagés, les priorités peuvent être modifiées tout en conservant l'usage du même algorithme. On peut être en désaccord avec les principes sous-tendant les priorités mais, dans ce cas, le débat doit porter sur des modifications du système de priorités et non sur l'usage d'un algorithme.

D'autres critiques portent sur les écarts entre les affectations produites par l'algorithme et les objectifs attribués au processus d'affectation. A titre d'exemple, le processus d'affectation des enseignants peut avoir comme objectifs de maximiser le nombre d'enseignants obtenant une mutation, de respecter le barème des enseignants lors des affectations ou bien d'obtenir une répartition équilibrée des enseignants nouvellement titularisés (ou néo-titulaires) entre les académies. Le processus d'affectation des élèves dans les collèges et lycées peut, quant à lui, avoir comme objectifs de satisfaire au mieux le premier vœu des élèves ou bien de créer de la mixité sociale ou scolaire dans les établissements. Dans certains cas, les objectifs assignés au processus d'affectation sont contradictoires et ne peuvent pas tous être satisfaits simultanément. En outre, différents algorithmes satisfont de façon différente ces objectifs. Les critiques qui portent sur les écarts entre les affectations produites par l'algorithme et les objectifs attribués au processus d'affectation nous paraissent plus légitimes en ce qu'elles concernent, cette fois, directement l'algorithme. Ces écarts sont parfois manifestes, le cas du lycée Turgot et de l'objectif affiché de mixité sociale dans les lycées est, à ce titre, un exemple frappant. La volonté de permettre aux enseignants de changer d'établissement lorsqu'ils le souhaitent contrastant avec la faible mobilité effective des enseignants en est un autre. Selon nous, ces écarts entre les affectations produites par l'algorithme et les objectifs attribués au processus d'affectation proviennent, en grande partie, d'un manque de compréhension du rôle des algorithmes, des différents types d'algorithmes existants, des différentes affectations qu'ils génèrent et des interactions qui existent entre algorithmes et priorités.

Prenons l'objectif affiché de l'Education nationale d'accroître la mixité sociale. Celui-ci se traduit, dans l'académie de Paris, par un bonus de priorités donné aux élèves boursiers de 4 000 points (sur les 20 000 distribués au maximum). On peut s'interroger sur les raisons qui ont conduit à fixer ce bonus à ce niveau : pourquoi 4 000 points plutôt que 6 000 ou 2 000 ? Quel est le

véritable impact de ces 4 000 points sur la mixité sociale dans les écoles ? En réalité, le système de priorités n'est pas suffisant pour déterminer le niveau de mixité sociale qui sera atteint. Autrement dit, pour un même système de priorités, différents algorithmes peuvent donner lieu à des niveaux de mixité sociale très différents. L'affectation finale résulte en effet d'une interaction entre trois éléments : les vœux des familles, le système de priorité et l'algorithme. Ce sont ces éléments pris ensemble qui détermineront l'établissement dans lequel chaque élève sera affecté et donc, *in fine*, le niveau de mixité sociale.

Ce point est probablement trop peu compris par l'administration. Cela provoque un décalage entre les objectifs énoncés par l'Education nationale et les affectations obtenues par les utilisateurs, qui ont l'impression d'un manque de transparence sur les objectifs et arbitrages politiques à l'œuvre. Il existe, à notre avis, plusieurs façons de réduire ce décalage.

La transparence sur les objectifs politiques est essentielle pour mieux faire comprendre aux familles les affectations de leurs enfants et réduire la frustration que certains choix politiques peuvent naturellement créer. A ce titre, l'administration doit faire preuve de transparence non seulement sur les objectifs attribués au processus d'affectation (des élèves, étudiants, enseignants...) et les priorités mais aussi sur l'algorithme lui-même. Dans le cas d'Affelnet et de l'affectation des enseignants, il existe des travaux de recherche décrivant l'algorithme, précisant ses propriétés et illustrant en quoi ces propriétés sont susceptibles d'entrer en contradiction avec les choix politiques reflétés par le système de priorité. L'objectif de cette note est donc, avant tout, de démocratiser l'accès à ces informations en les rendant accessibles au plus grand nombre. C'est aussi de faire comprendre à quel point l'algorithme d'affectation peut être un instrument puissant de politique publique. Nous avons aujourd'hui le sentiment qu'il existe une séparation nette entre les concepteurs des algorithmes (il s'agit souvent d'un informaticien ou d'une équipe d'informaticiens) et les décideurs politiques qui décident des objectifs du processus d'affectation et du système de priorités. Une telle séparation ne permet pas de tenir compte des interactions pouvant exister entre l'algorithme choisi et le système de priorité. Au contraire, les deux outils (algorithme et priorités) devraient être évalués et ajustés conjointement.

Ce constat nous amène à formuler une seconde piste d'amélioration. Pour éviter les dysfonctionnements auxquels nous avons fait référence et qui ont émaillé les rentrées scolaires et universitaires successives, il nous semble primordial de mener des simulations basées sur des données pour tester, par exemple, l'impact des changements de priorités sur l'affectation

finale ou les conséquences d'une modification de l'algorithme d'affectation. Ces simulations sont essentielles pour mieux s'approprier l'outil algorithmique et pour le faire accepter aux différents acteurs. La section sur l'affectation des enseignants présente les résultats que nous avons obtenus sur l'impact du changement des algorithmes, grâce aux simulations que nous avons pu mener à partir des données fournies par le ministère. Cette section donne donc des directions pour évaluer toute réforme touchant aux priorités ou à l'algorithme lui-même.

A notre connaissance, l'Education nationale n'a pas de service consacré à ces simulations. La recherche académique offre de nombreux outils permettant de mener correctement ce type d'étude. Bien entendu, l'administration n'a pas pour vocation de se substituer aux chercheurs. Néanmoins, pour des réformes de natures similaires, certaines administrations, comme l'Agence de biomédecine (relevant du ministère de la Santé), travaillent systématiquement avec des simulations basées sur les données.

Notre recommandation est donc de mettre en place une nouvelle structure institutionnelle en créant une agence (inspirée entre autres de l'Agence de biomédecine) relevant du ministère de l'Education nationale et permettant de conduire ces simulations, de les discuter avec les différents acteurs du système, et d'ajuster les politiques d'affectation en fonction des résultats de ces simulations.

1. L'AFFECTATION DES COLLEGIENS AUX LYCEES : LE CAS D'AFFELNET

Depuis 2007, la carte scolaire a été assouplie pour l'entrée au lycée⁷. L'affectation basée sur la zone résidentielle de la famille est en voie d'être remplacée par une procédure de choix régulés. Ainsi, les parents se retrouvent avec une plus grande liberté de choix puisqu'ils ont la possibilité de formuler une liste ordonnée d'établissements dans lesquels ils souhaitent que leurs enfants soient scolarisés⁸. En outre, ces choix sont régulés par le décideur public au travers d'un système de points déterminant les priorités des élèves dans les différents établissements. A titre d'exemple, un bonus de points est attribué aux élèves issus des milieux

⁷ L'assouplissement de la carte scolaire au collège est de nature très différente de celle au lycée. Elle a consisté à essayer d'augmenter les satisfactions de demandes de dérogations. Contrairement aux lycées, les élèves de sixième sont encore affectés par défaut dans leur collège de secteur. En cas de congestion, les demandes de dérogations sont traitées « manuellement » dans la plupart des académies. Une procédure informatisée pour gérer ces dérogations (Affelnet sixième) est à l'œuvre dans quelques académies.

⁸ Dans l'immense majorité des cas, les parents ont l'assurance d'avoir, s'ils le souhaitent, une place pour leur enfant dans leur unique établissement de secteur.

socio-économiques les plus défavorisés dans la perspective d'assurer une certaine mixité sociale^{9,10}.

1.1. QUELS SONT LES OBJECTIFS AFFICHÉS LORS DE L'ADOPTION D'AFFELNET ?

En 2007, la remise en cause du système d'affectation des élèves pour l'entrée aux lycées est motivée par trois critiques majeures. La première porte sur les effets néfastes de ce système d'affectation en termes de mixité sociale dans les établissements scolaires. En effet, à la suite du découpage en zones d'affectation, le marché du logement s'est progressivement ajusté. Les familles aux revenus relativement plus élevés, afin que leurs enfants soient affectés dans des établissements de qualité, ont eu tendance à emménager à côté de ceux-ci, et les zones résidentielles associées aux meilleurs établissements scolaires ont vu le prix des biens immobiliers augmenter¹¹. Ensuite, ce système d'affectation, basé uniquement sur un critère géographique, ne donnait que très peu de poids aux préférences des familles. Enfin, l'usage de stratégies de contournements a longtemps donné une image très négative de la carte scolaire : beaucoup de familles pouvaient contourner l'affectation géographique grâce à la connaissance de certaines règles d'exception (filiales spécifiques, choix d'options, langue, etc.). Ces pratiques, laissant une large part aux arrangements entre initiés, ont pu également renforcer le phénomène de ségrégation sociale à l'école¹².

L'objectif de la réforme de 2007 a donc été d'adopter une procédure d'affectation à choix régulés permettant la prise en compte des préférences des familles tout en essayant d'imposer un certain nombre de critères pour éviter les défauts de la carte scolaire. Typiquement, l'administration a choisi, au travers d'un système de points, de favoriser les

⁹ Notons néanmoins que les lycées Louis-le-Grand et Henri-IV relèvent d'une procédure de recrutement particulière.

¹⁰ La littérature sur l'impact du choix d'école sur le devenir des élèves, en particulier, sur ceux issus de milieux défavorisés, est foisonnante. Pour un inventaire des résultats, voir Fack et Grenet (2010) « Que peut-on attendre de la réforme de la sectorisation en France ? Quelques enseignements des politiques de choix scolaire », *Revue d'économie politique*.

¹¹ Certaines études mettent en évidence l'impact significatif sur le prix des logements de la proximité à un établissement public de qualité (cf. N. Gravel, A. Michelangeli et A. Trannoy, « Measuring the social value of local public goods: an empirical analysis within Paris metropolitan area », *Applied Economics* (2006) ou G. Fack et J. Grenet « Sectorisation des collèges et prix des logements à Paris », *Actes de la Recherche en sciences sociales* (2009).

¹² Voir Chausseron Ch. (2001) « Le choix de l'établissement au début des études secondaires », *Note d'information, ministère de l'Éducation Nationale*. O. Gilotte et P. Girard (2005) « La sectorisation, l'affectation et l'évitement scolaire dans les classes de sixième à Paris en 2003 », *Éducation & Formations*.

élèves boursiers dans l'espoir d'augmenter la mixité sociale. De plus, l'usage d'un algorithme centralisé est censé rendre le système d'affectation plus impersonnel et donc plus équitable en évitant les passe-droits dont pouvaient bénéficier certaines familles.

1.2. UN EXEMPLE SIMPLE OU UN CHOIX MALHEUREUX D'ALGORITHME COMPROMET LES OBJECTIFS AFFICHES

Dans ces quelques lignes, nous allons mettre en évidence que l'algorithme adopté par l'administration pour affecter les élèves au lycée général et technologique et professionnel est loin de remplir au mieux les objectifs qui ont sous-tendu l'assouplissement de la carte scolaire. D'abord, car ce choix d'algorithme peut rendre contre-productif le système de priorités mis en place par l'administration de sorte que, toutes choses égales par ailleurs, un boursier est susceptible d'obtenir une moins bonne affectation suite à l'octroi de points supplémentaires. Ainsi, l'obtention du bonus boursier par un élève peut paradoxalement le pénaliser. Ensuite, à de nombreux égards, les parents les mieux informés sont encore enclins à bénéficier du système : il peut être possible d'obtenir un meilleur établissement en « mentant » sur sa liste de préférence soumise au rectorat. Enfin, les vœux des parents pourraient être mieux pris en compte sans que soient remis en cause le système de priorité voulu par le décideur public.

Afin de mieux comprendre les travers de l'algorithme, l'encadré 2 ci-dessous en donne une description complète.

Encadré 2 : Description de l'algorithme Affelnet

Chaque élève soumet une liste de vœux et chaque lycée classe les élèves par ordre de priorités. Il a été montré¹³ que la procédure informatisée permettant d'aboutir à l'affectation des élèves (Affelnet) mime l'algorithme suivant appelé algorithme d'Acceptation différée école proposant :

1re étape. Chaque lycée fait une « proposition » aux élèves auxquels il accorde la plus haute priorité (dans la limite des places disponibles). Les élèves ne recevant qu'une seule proposition l'acceptent temporairement ; ceux recevant plusieurs propositions ne retiennent que leur favorite.

2e étape. Les lycées ayant vu des propositions rejetées ont encore un certain nombre de places disponibles. Dans la limite de ce nombre de places, ils reformulent des propositions auprès des élèves ayant la priorité la plus élevée parmi ceux auxquels ils n'ont pas fait encore de proposition. Les élèves, quant à eux, retiennent temporairement leur proposition favorite parmi toutes celles qu'ils ont reçues à cette étape et aux étapes passées.

... La répétition de cette procédure jusqu'à ce qu'aucune proposition ne soit rejetée par des élèves aboutit à une affectation finale des élèves.

¹³ Voir V. Hiller et O. Tercieux, (2014), « Choix d'écoles en France : Une évaluation de la procédure Affelnet », *Revue économique*.

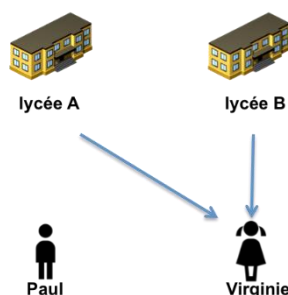
Illustrons, grâce à un exemple très simplifié, qui s’inspire du cas parisien, comment cet algorithme fonctionne. A Paris, les élèves bénéficient de 8 000 points dans les lycées situés dans le même district que leur domicile¹⁴, ils bénéficient de 4 000 points dans tous les lycées lorsqu’ils sont boursiers et peuvent bénéficier d’un bonus pouvant aller jusqu’à 8 000 points dans tous les lycées en fonction de leurs résultats scolaires¹⁵. Supposons, qu’il n’existe que deux lycées – le lycée A et le lycée B (qui ont chacun une unique place disponible) – et deux élèves – Paul et Virginie. Paul habite dans le district du lycée A et Virginie dans le district du lycée B. Virginie est boursière, au contraire de Paul, et elle obtient 7 500 points au titre de ses résultats scolaires alors que Paul n’en obtient que 3 000.

Le tableau suivant résume le total des points dans chaque établissement :

	Lycée A	Lycée B
Paul	11 000 points	3 000 points
Virginie	11 500 points	19 500 points

Les deux lycées classent donc Virginie devant Paul dans leurs listes de priorités. Supposons enfin que Virginie classe le lycée A devant le lycée B dans sa liste de vœux alors que Paul classe le lycée B devant le lycée A.

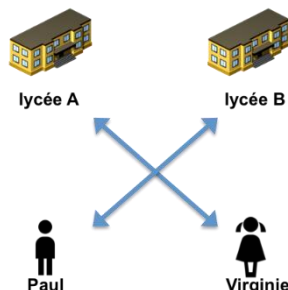
Voyons maintenant comment fonctionne l’algorithme Affelnet dans cet exemple. Comme l’illustre la figure suivante, à la 1^{re} étape de l’algorithme, les deux lycées font une proposition à Virginie puisqu’elle se trouve en haut de leur liste de priorités.



¹⁴ L’académie de Paris est découpée en 4 districts (Nord, Sud, Est et Ouest). Les familles bénéficient d’un large choix de lycées (entre 10 et 17) au sein de chaque district.

¹⁵ Voir https://www.ac-paris.fr/portail/jcms/p1_921184/afectation-en-2de-gt-pour-un-eleve-scolarise-a-paris-etablissement-public-ou-prive-sous-contrat

Etant donné ses préférences, cette dernière retient uniquement la proposition formulée par le lycée A. Au 2^e tour de l'algorithme, le lycée B fait donc une proposition à Paul, qui l'accepte. L'affectation finale est donc illustrée sur la figure ci-dessous.



Cet algorithme, étudié par les chercheurs depuis plusieurs décennies¹⁶, a des inconvénients majeurs bien identifiés. Un des plus marquants est sa propension à aller à l'encontre des priorités et donc des objectifs politiques des décideurs publics. Plus spécifiquement, lorsque cet algorithme est utilisé, il est possible qu'un élève ayant une priorité plus élevée dans l'ensemble des écoles puisse, paradoxalement, obtenir une affectation qu'il juge moins bonne que celle qu'il aurait obtenue avec une priorité plus faible. Cela constitue un défaut majeur de la procédure Affelnet. Il est, en effet, très préoccupant qu'un élève augmentant sa priorité dans l'ensemble des lycées, en améliorant ses résultats scolaires ou en devenant boursier, en soit pénalisé dans son affectation.

Encadré 3 : Comment Affelnet peut compromettre les objectifs du ministère

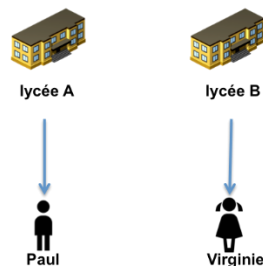
Reprenons l'exemple présenté dans l'encadré précédent mais considérons que Paul devienne boursier et obtienne 4000 points supplémentaires dans les deux lycées. Le nombre total de points devient donc :

	Lycée A	Lycée B
Paul	15 000 points	7 000 points
Virginie	11 500 points	19 500 points

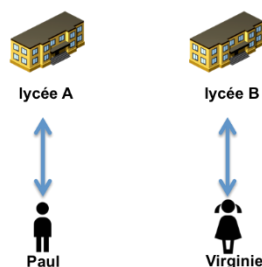
Paul passe donc devant Virginie dans l'ordre de priorité du lycée A seulement. Comme

¹⁶ Voir Balinski et Sönmez (1999), « A Tale of Two Mechanisms : Student Placement », *Journal of Economic Theory* et le livre de Roth et Sotomayor (1990) *Two-Sided Matching : A Study in Game-Theoretic Modeling and Analysis*, Cambridge University Press.

l'illustre la figure suivante, au 1^{er} tour de l'algorithme, le lycée A fait donc une proposition à Paul alors que le lycée B fait une proposition à Virginie.



Puisque aucun des deux élèves ne refuse la proposition qui lui a été faite, l'algorithme s'arrête là et l'affectation finale est illustrée sur la figure suivante :



Paul, qui a bénéficié d'une augmentation de priorité, juge donc son affectation moins bonne que dans le cas où il ne bénéficiait pas d'une telle augmentation (puisqu'il préfère le lycée B au lycée A). Notons que c'est également le cas de Virginie, qui préfère le lycée A au lycée B.

L'exemple simple de l'encadré 3 mène à trois conclusions.

1. L'algorithme Affelnet compromet les objectifs édictés par le ministère. Un élève voyant sa priorité augmenter (en devenant boursier par exemple) peut obtenir un lycée d'affectation qu'il juge moins bon. Cet élève peut donc paradoxalement être pénalisé par la priorité qui lui est accordée !
2. Affelnet peut mener à des situations où les élèves souhaiteraient échanger leurs affectations. C'est typiquement le cas dans l'exemple de l'encadré 3 lorsque Paul bénéficie du bonus boursier : Paul et Virginie seraient tous les deux mieux en échangeant leurs établissements d'affectation. Il serait donc possible de mieux satisfaire les vœux des familles.
3. Dans de nombreux cas, l'algorithme Affelnet ne fera que reproduire l'affectation obtenue par la carte scolaire. En effet, comme l'exemple l'illustre, l'algorithme Affelnet jumelé à un

système de priorités donnant un poids important au critère géographique (un fort bonus de points pour le lycée de secteur comme c'est le cas dans la plupart des académies en France) ne ferait qu'affecter les élèves à leur école de quartier, mimant donc une affectation purement résidentielle et retombant naturellement dans le risque de ségrégation associé à ce type d'affectation¹⁷.

L'ampleur exacte des problèmes que nous décrivons (i.e. le nombre d'élèves susceptibles d'être pénalisés à la suite d'une augmentation de leurs priorités et le nombre d'élèves souhaitant échanger leurs affectations) n'a pas donné lieu à une évaluation empirique. Néanmoins, les travaux académiques sur le sujet ont mis en évidence l'existence d'un algorithme alternatif améliorant Affelnet de manière non ambiguë. Cet algorithme est naturel et proche d'Affelnet : comme nous le détaillons dans l'encadré 4, pour le mettre en place, il suffirait simplement que les élèves et les lycées échangent leurs rôles¹⁸. Notons enfin que cet algorithme alternatif a déjà été adopté dans plusieurs endroits à travers le monde pour réguler les inscriptions scolaires¹⁹.

Encadré 4 : Un algorithme alternatif, l'algorithme à Acceptation différée élève-proposant

L'algorithme alternatif, proposé par David Gale et Lloyd Shapley en 1962²⁰ inverse le rôle des élèves et des lycées par rapport à Affelnet : désormais, ce sont les élèves qui font des propositions aux lycées.

1re étape. Chaque élève fait une « proposition » au lycée le plus haut dans sa liste de vœux. Les lycées recevant moins de propositions qu'ils ont de places disponibles acceptent *temporairement* toutes ces propositions ; ceux recevant plus de propositions qu'ils ont de places disponibles retiennent *temporairement* les propositions des élèves ayant les plus hautes priorités (dans la limite des places disponibles).

2e étape. Les élèves ayant vu leurs propositions rejetées reformulent une proposition auprès du lycée classé le plus haut dans leur liste de vœux parmi ceux auxquels ils n'ont pas encore fait de proposition. Les lycées retiennent *temporairement* les propositions auxquelles ils accordent la plus haute priorité parmi toutes celles qu'ils ont reçues à cette étape et aux étapes passées.

... La répétition de cette procédure aboutit à une affectation finale des élèves.

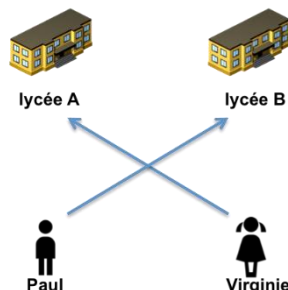
¹⁷ Notons qu'à Paris, ce risque est limité par l'existence d'un choix important de lycée au sein d'un même district. Ce n'est pas le cas dans la plupart des autres académies.

¹⁸ Certains résultats théoriques suggèrent que l'algorithme de l'encadré 3 et celui de l'encadré 4 produisent des affectations très similaires. Néanmoins, dans le contexte de l'affectation des enseignants, Combe, Tercieux et Terrier (2016a,b) montrent empiriquement que les deux algorithmes peuvent aussi produire des affectations parfois significativement différentes. Nous ne connaissons aucune autre évaluation empirique.

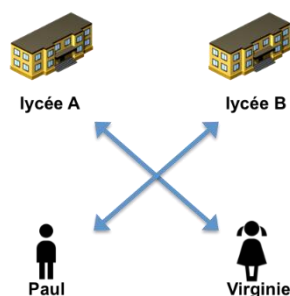
¹⁹ E.g., aux Etats-Unis à Boston, Chicago, New York ou Seattle ainsi qu'en Europe en Belgique, Espagne, Hongrie, Pays-Bas, Roumanie, Turquie...

²⁰ Gale and Shapley (1962), « College Admission and the Stability of Marriage », *American Mathematical Monthly*.

Reprenons l'exemple précédent (encadré 3) pour détailler le fonctionnement de cet algorithme. Comme l'illustre la figure suivante, à la 1^{re} étape de l'algorithme, chaque élève fait une proposition à son lycée préféré (le lycée A pour Virginie et le lycée B pour Paul) :



Puisqu'aucun des deux lycées ne refuse la proposition qui lui a été faite, l'algorithme s'arrête là et l'affectation finale est illustrée sur la figure suivante :



Notons que l'affectation finale est la même, que Paul bénéficie ou non de son bonus boursier (puisque les listes de vœux des élèves restent identiques). Ce dernier n'est donc pas pénalisé par son bonus boursier. De façon générale, avec cet algorithme alternatif, il n'est pas possible qu'un bonus de priorités heurte son bénéficiaire. Par ailleurs, dans notre exemple, chaque élève reçoit son 1^{er} vœu. Paul et Virginie ne souhaitent donc pas échanger leurs affectations. De façon plus générale, un résultat important de la littérature montre que si cet algorithme alternatif est utilisé, une autre affectation peut potentiellement mieux satisfaire les familles mais uniquement au prix d'une « violation des priorités » (i.e. uniquement si des élèves sont affectés à un établissement où d'autres élèves avec une priorité plus élevée sont refusés). Si cette violation de priorité est considérée comme inacceptable, l'algorithme alternatif est donc celui qui satisfait au mieux les familles. Finalement, l'affectation n'est plus strictement géographique puisque la volonté des deux

élèves de changer de secteur a été prise en compte par l'algorithme alors même que chaque élève bénéficiait d'une priorité plus haute dans son lycée de district.

Intéressons-nous maintenant à un autre type de faiblesse de l'algorithme Affelnet. Comme nous l'avons souligné déjà, ce dernier ne met pas fin aux avantages dont les familles mieux informées peuvent bénéficier. Afin de mieux comprendre pourquoi cet algorithme prête le flanc à cette critique, il est important de compléter la description de la procédure Affelnet. Deux points additionnels sont à noter. Le premier est l'existence d'une contrainte sur le nombre de vœux que les familles peuvent reporter (ce nombre varie de 3 à 8 selon les académies). Cette contrainte donne des incitations claires à être stratégiques dans le report des vœux d'affectation. En effet, si la liste de choix est limitée, les familles doivent éviter de classer des établissements où leurs chances sont trop faibles. La stratégie consiste donc à évaluer ses chances d'être accepté dans chaque établissement, en se renseignant sur la congestion par exemple, et à lister au moins un établissement pour lequel ces chances sont importantes. Le second point concerne l'existence d'un bonus de priorité accordé aux élèves dans l'école qu'ils classent en premier dans leurs listes de vœux²¹. Tout comme l'existence d'une contrainte sur le nombre de lycées pouvant être reportés, ce « bonus premier vœu » introduit des incitations à distordre ses listes de vœux. Par exemple, si l'établissement favori d'une famille est très demandé, les chances de l'obtenir sont maigres et le risque de perdre les bénéfices associés au bonus premier vœu peut inciter les parents à classer en premier une autre école qu'ils savent moins demandée.

Les stratégies que nous venons d'évoquer demandent un minimum d'information sur les taux de congestion et une assez bonne compréhension du fonctionnement du système. La possibilité d'y avoir recours constitue donc une rupture d'égalité entre les familles qui disposent de cette information ou sont en capacité de l'acquérir et les autres. C'est précisément ce genre d'avantage contre lequel se dressaient les tenants de l'assouplissement de la carte scolaire. Là encore, le choix d'algorithme a contribué à compromettre les objectifs louables des décideurs publics. Le fait que ces stratégies de manipulation puissent, dans certains cas, se révéler bénéfiques pose également la question de la transparence du système d'affectation. En effet, le décideur public (ici les rectorats) est dans l'impossibilité d'envoyer un message clair en direction des familles, qui sont

²¹ Ce bonus, initialement mis en place dans l'ensemble des académies, a été abandonné par plusieurs d'entre elles. Il était néanmoins toujours à l'œuvre, à la rentrée 2017, dans les académies d'Amiens, de Clermont-Ferrand ou de Lyon par exemple.

pourtant très demandeuses de clarifications. Ces deux éléments – remise en cause de l'égalité entre familles et manque de transparence – se sont révélés déterminants dans la décision d'abandonner les processus d'affectation manipulable dans plusieurs endroits du monde. A ce titre, l'exemple du changement effectué à Boston en 2005, décrit dans l'encadré 5, est particulièrement frappant²².

Encadré 5 : L'algorithme de Boston et son remplacement²³

Avant 2005 la ville de Boston avait recours à une procédure de « choix régulé » pour affecter les élèves dans les établissements scolaires (en maternelle, CP, 6e et 2de). Cette procédure – ensuite appelée algorithme de Boston – partageait les mêmes défauts en terme de manipulabilité qu'Affelnet dans sa version avec liste de vœux tronqués et/ou bonus premier vœu. Au début des années 2000, la mise en lumière de ces défauts par un groupe de chercheurs en économie a alerté les autorités municipales en charge de l'éducation. Elles ont invité ces chercheurs à exposer leurs arguments et leur ont permis d'accéder aux données nécessaires pour évaluer l'ampleur du problème de manipulabilité. Sur la base de ces données, il a été démontré qu'une proportion importante de familles avaient recours à des « manipulations » tandis que d'autres indiquaient simplement leurs préférences sans calcul, entraînant des conséquences clairement négatives sur l'affectation de leurs enfants. Il a été montré par la suite que les familles des milieux les plus défavorisés étaient surreprésentées parmi celles faisant des vœux sincères (et ignorant donc l'aspect stratégique derrière le report des préférences). Ces résultats ont convaincu les autorités qu'il fallait changer d'algorithme d'affectation. Les chercheurs ont été étroitement impliqués dans les discussions entourant le choix d'un nouvel algorithme. En 2005, ce choix s'est finalement porté sur l'algorithme d'Acceptation différée élève-proposant que nous décrivons dans l'encadré 4. Le caractère non manipulable de ce dernier a été décisif dans le choix des autorités.

1.3. AFFECTATION DES ELEVES AUX LYCEES : QUELLES LEÇONS RETENIR ?

Le cas d'Affelnet est instructif à plusieurs égards. D'abord, il illustre bien que le système de points permettant de définir le barème est une description insuffisante de la politique menée par le ministère. Comme nous l'avons déjà mentionné, l'algorithme Affelnet, couplé à des priorités géographiques fortes, mime essentiellement l'affectation de la carte scolaire. L'assouplissement de la carte scolaire « décidée » par le ministère se retrouve donc réduit

²² Notons que, si le bonus 1er vœu et la limite imposée sur la liste de vœux étaient abandonnés, l'algorithme Affelnet correspondrait pleinement à l'algorithme d'Acceptation différée école proposant décrit dans l'encadré 2. Or, il est possible de montrer que, si cette version de l'algorithme était appliquée, les familles auraient intérêt à reporter un 1er vœu correspondant à leurs vraies préférences mais que cela n'est pas nécessairement le cas pour les vœux suivants. Cependant, les stratégies de manipulation à l'œuvre nous paraissent beaucoup moins évidentes que les stratégies prudentes décrites plus haut et seront, en conséquence, bien moins utilisées en pratique. Il reste que, à nouveau, les rectorats seraient dans l'incapacité de fournir des conseils clairs aux familles. L'algorithme alternatif, décrit dans l'encadré 4, évite ce problème.

²³ Voir Abdulkadiroglu, Pathak, Roth and Sonmez, (2006), « Changing the Boston School Choice Mechanism: Strategy-proofness as Equal Access ».

au minimum du fait d'un algorithme mal choisi. Les choix politiques implicites ou explicites sous-jacents aux choix d'algorithmes et de critères de priorités doivent donc être présentés plus clairement par l'administration pour assurer une transparence sur la politique menée et, par là même, assurer plus de clarté sur les résultats escomptés.

Comme nous l'avons souligné dans l'introduction, l'instrument du système de points permettant de définir la priorité d'un élève dans les établissements est un instrument incomplet. C'est un outil puissant lorsque l'algorithme choisi est approprié. Comme illustré dans l'encadré 3, un choix malheureux d'algorithme peut rendre l'outil totalement contre-productif. L'algorithme doit être considéré comme un instrument politique au même titre que le système de priorité et doit donc être choisi avec soin. Un travail plus étroit avec les chercheurs du domaine peut éviter ce genre d'erreur. Affelnet est un cas d'école puisqu'il existe sans ambiguïté un algorithme alternatif bien identifié dans la littérature académique qui permet d'éviter tous les problèmes qui lui sont associés que nous avons mentionnés dans cette section.

Enfin, il est difficile de ne pas revenir sur le cas du lycée Turgot, qui a été largement commenté et a servi de point d'appui à de nombreuses critiques adressées à l'algorithme Affelnet. A Paris, le système de priorités accordées aux boursiers a rendu possible leur accès à de bons établissements mais, sans contrôle additionnel, l'académie s'expose naturellement à une explosion du nombre de boursiers dans certains établissements²⁴. A nouveau, la relation entre l'algorithme et le système de priorités n'a pas été correctement perçue. Pour se préserver, il aurait été naturel d'imposer des quotas sur le nombre de boursiers dans les lycées. Les algorithmes avec quotas sont là encore étudiés dans la recherche académique. C'est désormais une piste envisagée par le ministère pour amender Affelnet et éviter les inconvénients de ce type. C'est aussi ce vers quoi se dirige le projet de « secteurs multi-collèges » dans le nord de Paris²⁵. Pour l'entrée au collège, une procédure de choix régulés a été proposée dans plusieurs secteurs des 18^e et 19^e arrondissements de Paris. Pour assurer de la mixité sociale, les places des collèges concernés sont réparties entre les différents groupes sociaux en imposant donc, de fait, un quota sur le nombre d'élèves issus de familles défavorisées dans chacun des établissements.

²⁴ Cette explosion s'est produite néanmoins uniquement dans le lycée Turgot.

²⁵ Voir <https://www.paris.fr/actualites/la-sectorisation-des-colleges-au-service-de-la-mixite-sociale-4435>

Tous ces éléments, à notre sens, plaident pour la nécessité d'un plus grand travail d'évaluation empirique par le ministère avant la mise en place d'une réforme portant sur l'algorithme ou sur le système de priorités. A ce titre, la structure institutionnelle que nous proposons dans la section 4 aura comme objectif une communication plus étroite avec les chercheurs spécialistes du domaine. Etant donné des objectifs politiques énoncés, elle permettrait de circonscrire les algorithmes envisageables. Elle aurait aussi comme objectif de tester empiriquement ces algorithmes avant leur mise en pratique.

Comme nous l'avons vu, l'impact des changements de priorités est intimement lié à l'algorithme utilisé. Le travail empirique consisterait donc aussi à mesurer l'effet de ces changements en conjonction avec le choix d'algorithme. Les résultats seraient discutés avec les différents acteurs associés au processus de décision. Il est en effet important que les acteurs publics prennent en main des choix, bien souvent laissés aux techniciens bien que de première importance, comme le choix d'algorithme. La transparence sur ces choix nous paraît essentielle pour que les élèves, les parents et le corps enseignant gardent leur confiance à l'égard de l'institution scolaire.

2. L'AFFECTATION DES ENSEIGNANTS DU SECONDAIRE AUX ACADEMIES ET ETABLISSEMENTS SCOLAIRES

2.1. L'AFFECTATION DES ENSEIGNANTS : DE QUOI PARLE-T-ON ?

En 2015, la France comptait environ 400 000 enseignants du secondaire dans le secteur public²⁶. Les enseignants français ne peuvent pas candidater directement auprès des établissements dans lesquels ils souhaitent enseigner²⁷. Ils sont « affectés » dans un établissement par le ministère. Deux types d'enseignants existent : (1) les enseignants nouvellement recrutés (qualifiés de « néo-titulaires ») qui doivent être affectés à leur premier poste, et (2) les enseignants titulaires en postes dans un établissement qui demandent une mutation sur un autre poste. Les premières affectations et les réaffectations

²⁶ Source : « Bilan social du ministère de l'Éducation Nationale, de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche, 2015-2016 », Tableau 3 - Évolution des effectifs des enseignants des secteurs public et privé depuis la rentrée scolaire 2006.

²⁷ Cette description ne concerne que les enseignants du secteur public. Les enseignants du secteur privé peuvent candidater de façon plus libre dans différents établissements privés. Pour les affectations en établissements publics, les postes à profil constituent la principale exception aux affectations centralisées. Dans ces cas, le choix s'effectue en fonction de l'adéquation des qualités des enseignants aux postes à pourvoir (en classe préparatoire aux grandes écoles ou en éducation prioritaire par exemple). Les postes à profil sont cependant très marginaux.

(ou mutations) se font de manière centralisée à l'aide d'un algorithme. Le ministère qualifie cette procédure de « Mouvement national à gestion déconcentrée » (MNGD). Comme pour les affectations des élèves dans les établissements, le ministère demande aux enseignants de soumettre une liste ordonnée de vœux. Les enseignants sont également classés par chaque établissement grâce à un barème de points. Ce dernier prend en compte plusieurs critères dont²⁸ :

- les années d'ancienneté au sein de la profession, et au sein de l'établissement ;
- la demande de rapprochement de conjoint ou de rapprochement de résidence d'un enfant ;
- les années passées sur un poste d'enseignant remplaçant ou dans un établissement d'éducation prioritaire (à partir de cinq ans en éducation prioritaire).

Depuis 1999, la procédure se décompose en deux étapes distinctes.

- **Le mouvement inter-académique** consiste à affecter les enseignants aux 31 académies françaises. Il est géré par l'administration centrale. En 2016, 29 600 enseignants y ont participé. Tous les enseignants néo-titulaires y participent (environ 13 700 en 2016) ainsi que les titulaires souhaitant changer d'académie. Chaque enseignant soumet une liste de vœux d'académies. Chaque académie ordonne les enseignants selon leur barème. Un algorithme d'affectation affecte chaque enseignant dans une nouvelle académie ou bien le maintien dans son académie d'origine.
- **Le mouvement intra-académique** consiste à affecter les enseignants, au sein de chaque académie, dans les établissements scolaires. Participent à ce mouvement (1) les enseignants titulaires et néo-titulaires affectés au sein de l'académie lors du mouvement inter-académique et (2) les enseignants titulaires en poste qui souhaitent changer d'établissement au sein de l'académie. En 2013, environ 65 000 enseignants ont participé au mouvement intra-académique. Chaque enseignant soumet une liste de vœux d'établissements (limitée à 12 vœux)²⁹. Les établissements classent les enseignants en fonction de leur barème. L'algorithme d'affectation utilisé est quasiment identique à celui utilisé pour le mouvement inter-académique.

²⁸ La liste complète des critères et leur nombre de points correspondant peuvent être trouvés sur http://cache.media.education.gouv.fr/file/42/84/6/annexel-493_365846.pdf

²⁹ Un vœu peut aussi être un « vœu large » qui consiste à demander l'ensemble des établissements d'une ville ou d'un regroupement de villes.

2.2. LES OBJECTIFS DE L’AFFECTATION DES ENSEIGNANTS : ENTRE MOBILITE DES ENSEIGNANTS, EGALITE ENTRE ACADEMIES ET RESPECT DU BAREME DES ENSEIGNANTS, LA TRANSPARENCE S’IMPOSE

2.2.1. Arbitrage entre mobilité et répartition des enseignants sur le territoire

Tout comme l’affectation des élèves dans les lycées, les objectifs du ministère concernant l’affectation des enseignants dans les établissements scolaires du secondaire (collèges et lycées) recouvrent un enjeu de mixité³⁰. Il semble important d’assurer que les enseignants expérimentés sont également répartis entre les différentes académies, et que les académies ou établissements les plus défavorisés ont un égal accès aux enseignants expérimentés. Or, comme le souligne la Cour des comptes (2017), les établissements difficiles, souvent en réseau prioritaire, reçoivent beaucoup d’enseignants débutants et connaissent une forte instabilité des équipes.

Un enjeu supplémentaire apparaît cependant lors des affectations des enseignants : celui de la mobilité. Contrairement aux élèves qui obtiennent tous un établissement scolaire, un grand nombre d’enseignants qui souhaitent changer d’établissement n’obtiennent pas de mutation. A titre d’exemple, en 2016, seuls 47 % des enseignants titulaires ayant fait une demande de mobilité entre académies ont obtenu satisfaction. Les 53 % d’enseignants restant n’ont pas obtenu de mutation³¹. La plupart attendent une année supplémentaire avant de redemander une mutation. Ce relatif manque de mobilité rend la question de l’affectation des enseignants particulièrement importante pour ces derniers, ainsi que pour le ministère et les chercheurs. L’enjeu est de comprendre si un changement d’algorithme d’affectation permettrait d’améliorer la mobilité. Accroître la mobilité est cependant un objectif délicat à atteindre car il peut accroître les inégalités de répartition des jeunes enseignants entre académies. En effet, plus de la moitié des demandes de mobilité émanent de seulement trois académies au profil social plutôt défavorisé : Créteil, Versailles et Amiens³². De ce fait, accroître la mobilité des enseignants pourrait largement augmenter

³⁰ En 2016, 23,6 % des néo-titulaires ont été affectés dans un établissement réputé « difficile » (établissements sensibles, REP et REP+), ce chiffre ayant crû par rapport à 2011 (20 %). Source : « Gérer les Enseignants autrement : Une réforme qui reste à faire », Rapport public thématique, Cour des comptes, octobre 2017.

³¹ Lors de l’affectation des enseignants du primaire, seulement 24 % des enseignants ont été mutés en 2016. Source : « Bilan Social : Enseignement Scolaire 2015-2016 », DEPP, mars 2017.

³² En 2016, 23,7 % des demandes de mutation émanaient de l’académie de Versailles, 23,1 % de Créteil et 6,5 % d’Amiens alors que ces académies représentent ensemble moins d’un cinquième des enseignants du second degré. Versailles présente une combinaison d’établissements favorisés et défavorisés.

les départs d'enseignants de ces trois académies. Il faudrait alors compenser ces départs par des affectations plus nombreuses, constituées majoritairement de jeunes enseignants peu expérimentés. L'arbitrage entre accroissement de la mobilité et maintien de l'égalité entre académies est donc fondamental lorsqu'on réfléchit à l'affectation des enseignants. Toute modification potentielle de l'algorithme actuel doit tenir compte de ces deux éléments.

2.2.2. Arbitrage entre mobilité et respect du barème

Un second objectif doit être considéré lors de l'affectation des enseignants : le respect du barème. Qu'entend-on par respect du barème ? Si un enseignant n'a pas obtenu d'affectation dans un établissement (ou une académie), les enseignants qui ont obtenu une affectation dans l'établissement en question doivent avoir un barème plus élevé. Ce respect du barème est généralement revendiqué par les autorités en charge des affectations pour des raisons de justice. Un enseignant dont le barème ne serait pas respecté pourrait percevoir les affectations comme injustes.

Il est cependant important de savoir que le respect strict du barème est coûteux. En effet, nous mettons en évidence (et quantifions) dans le reste de cette section qu'il existe un arbitrage entre respect du barème et mobilité des enseignants. Autrement dit, comme nous l'illustrons en détail dans une section suivante, lever la contrainte de respect strict du barème peut permettre d'augmenter significativement le nombre d'enseignants qui obtiennent une mutation. Lors de la conception de la procédure actuelle d'affectation, il a été choisi de respecter le barème des enseignants, ce qui se fait au prix d'une mobilité relativement limitée.

2.2.3. Transparence sur les objectifs du processus d'affectation

Il nous semble fondamental de mettre en lumière les différents arbitrages auxquels font face les décideurs politiques lorsqu'ils décident des procédures d'affectation : souhaite-t-on maximiser la mobilité ou bien répartir les enseignants expérimentés de façon plus équilibrée entre les établissements ? De même, souhaite-t-on maximiser la mobilité ou bien garantir un respect strict du barème des enseignants ? Il est important de comprendre que l'algorithme utilisé actuellement pour affecter les enseignants résulte de choix concernant ces différents objectifs. De nombreuses alternatives à l'algorithme actuel existent, chacune

présentant avantages et inconvénients, comme nous le détaillons dans le reste de cette section.

Le choix final de l'algorithme d'affectation devrait résulter d'une discussion éclairée des options d'algorithmes entre les différents acteurs que sont le ministère, les représentants enseignants et les académies. La transparence sur ce choix d'algorithme et sur ses conséquences en termes de nombre de mutations, répartition des enseignants et respect du barème nous semble fondamentale. Cela aiderait notamment les enseignants à mieux comprendre les faibles taux de mobilité observés ainsi que les alternatives possibles.

Une telle discussion des différents algorithmes nécessiterait certainement un travail de simulation des affectations obtenues, des bénéfices et coûts assimilés à chaque algorithme. De façon concrète, les simulations permettraient de répondre aux questions suivantes : combien d'enseignants supplémentaires pourraient obtenir une mutation si le barème de certains enseignants n'était pas respecté ? Combien d'enseignants verraient potentiellement leur barème violé ? En cas d'augmentation significative de la mobilité des enseignants, les académies les plus défavorisées seraient-elles pénalisées par une augmentation des affectations d'enseignants néo-titulaires ? Les simulations et le chiffrage des coûts et bénéfices des différents algorithmes pourraient être réalisé par une institution dédiée (voir la section 4).

2.2.4. Une spécificité de l'affectation des enseignants : la garantie de pouvoir rester dans son académie/établissement d'origine si aucune des mutations n'est obtenue

En de nombreux aspects, le processus d'affectation des enseignants aux académies et établissements est similaire à l'affectation des élèves aux écoles décrite dans la section précédente. En revanche, une différence fondamentale existe. La majorité des enseignants titulaires sont initialement affectés dans un établissement lorsqu'ils demandent une mutation. Ces enseignants doivent pouvoir rester dans leur académie d'origine s'ils n'obtiennent aucun de leurs vœux de mutation lors du mouvement inter-académique (et dans leur établissement d'origine s'ils n'obtiennent aucun de leurs vœux de mutation lors du mouvement intra-académique).

A titre d'exemple, lors de l'affectation académique, un enseignant initialement en poste dans l'académie de Toulouse qui classerait uniquement Bordeaux dans ses vœux ne peut

pas être affecté dans une académie autre que Bordeaux ou Toulouse. Pour le mouvement intra-académique, un enseignant étant en poste au sein de l'académie de Bordeaux et demandant une mutation au sein de celle-ci ne peut être affecté dans un établissement qu'il n'a pas classé dans ses vœux³³. Cette garantie de pouvoir conserver son établissement ou académie d'origine à chacune des phases de mouvement a des conséquences importantes quant aux choix d'algorithmes d'affectation à considérer.

L'algorithme actuellement utilisé pour les mouvements inter et intra-académique est une version modifiée de l'algorithme à Acceptation différée présenté dans l'encadré 4 de la section précédente. La modification garantit à chaque enseignant de pouvoir conserver son académie d'origine s'il n'obtient aucun de ses vœux d'affectation. Reprenons l'exemple de l'enseignant initialement en poste dans l'académie de Toulouse qui ne classe que Bordeaux.

En appliquant la version « standard » de l'algorithme à Acceptation différée, si cet enseignant est rejeté de Bordeaux, suite au rejet (lors de la seconde étape de l'algorithme), il candidaterait à Toulouse (son académie d'origine). Si les autres enseignants candidatant à Toulouse ont un barème supérieur, cet enseignant pourrait se voir refuser un poste à Toulouse. Une solution simple pour éviter ce rejet de l'académie d'origine consiste à (1) forcer tout enseignant à candidater dans son académie d'origine en dernier recours s'il n'obtient aucun de ses vœux de mutation, et (2) donner le nombre de points maximum à tout enseignant qui candidate dans son académie d'origine.

De cette façon, dans notre exemple précédent, l'enseignant qui est rejeté dans toutes les académies qu'il classe est garanti d'être accepté dans son académie d'origine (Toulouse) lorsqu'il y candidate.

2.3. L'ALGORITHME ACTUEL D'AFFECTATION DES ENSEIGNANTS

Dans ce qui suit, nous présentons et illustrons le fonctionnement de l'algorithme en utilisant comme exemple le mouvement inter-académique³⁴.

³³ Cependant, un enseignant initialement affecté dans un établissement de l'académie de Bordeaux et obtenant une mutation au sein de l'académie de Rennes durant le mouvement inter-académique n'aura pas d'établissement d'origine lors du mouvement intra-académique de Rennes. Dans le cas où il n'obtiendrait pas d'affectation pendant le mouvement intra-académique, il ne peut pas revenir au sein de son établissement de l'académie de Bordeaux et sera affecté pendant une année comme enseignant remplaçant dans l'académie de Rennes.

³⁴ L'ensemble des résultats présentés ici sont tirés de Combe, Tercieux et Terrier (2016a), « Améliorer la mobilité des enseignants : un nouvel algorithme ne pénalisant pas les académies les moins attractives », *Education &*

Encadré 6 : L'algorithme d'Acceptation différée modifié

Chaque enseignant soumet une liste ordonnée de vœux sur les académies et chaque académie classe les enseignants par ordre décroissant de barème.

Étape préliminaire. Chaque académie donne le nombre de points maximal à tout enseignant initialement affecté dans cette académie. Sans cette étape préliminaire, l'algorithme utilisé est identique à celui de l'encadré 4. La seule différence consiste à remplacer les élèves par les enseignants, et les lycées par les académies à chacune des étapes.

Il a été montré que l'algorithme utilisé pour l'affectation des enseignants mime la procédure suivante :

1re étape. Chaque enseignant candidate à l'académie qu'il préfère dans sa liste de vœux. Les académies recevant moins de candidatures qu'ils n'ont de places disponibles acceptent temporairement tous les candidats ; les académies recevant plus de candidatures qu'ils n'ont de places disponibles acceptent temporairement les enseignants ayant les plus hauts barèmes (dans la limite des places disponibles).

2e étape. Les enseignants dont la candidature est rejetée à l'étape précédente candidatent auprès de l'académie classée le plus haut dans leur liste de vœux parmi les académies auxquelles ils n'ont pas encore candidaté. Les académies acceptent temporairement les enseignants au plus haut barème parmi toutes les candidatures qu'ils ont reçues à cette étape et aux étapes précédentes.

... La répétition de cette procédure aboutit à une affectation finale des enseignants.

Illustrons le fonctionnement de cet algorithme à partir d'un exemple simple. Pour toute procédure d'affectation, le ministère a besoin de trois sources d'informations.

1. Les affectations initiales des enseignants. Considérons trois enseignants titulaires : Vincent initialement en poste dans l'académie de Versailles, Bernard initialement en poste à Bordeaux et Anne initialement en poste à Amiens. Tous trois demandent une mutation dans une autre académie. Supposons que chaque académie n'a qu'un seul poste initialement occupé par son enseignant d'origine.

2. Les vœux de mobilité de chaque enseignant :

- Bernard souhaite être muté à Versailles, sinon rester à Bordeaux.
- Anne souhaite être mutée à Bordeaux, sinon rester à Amiens.
- Vincent souhaite être muté à Bordeaux, sinon rester à Versailles.

3. Le barème de chaque enseignant dans chaque académie. Pour simplifier, supposons que le barème des enseignants ne dépend que de leur expérience. Anne est l'enseignante

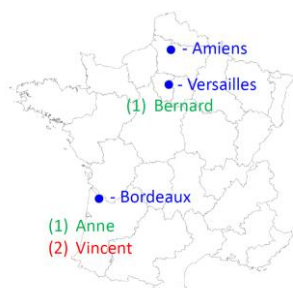
Formations, ainsi que Combe, Tercieux et Terrier (2016b), « A new algorithm to increase teacher mobility without hurting deprived regions ».

la plus expérimentée. Elle a donc le plus haut barème dans chaque académie. Bernard a quelques années d'expérience et Vincent n'a qu'une seule année d'expérience.

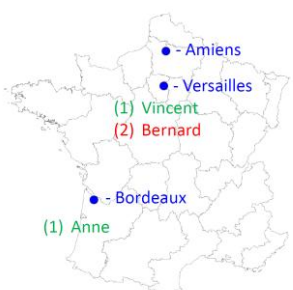
Une fois ces barèmes établis, l'étape préliminaire (présentée dans l'encadré 6) requiert que chaque académie classe en premier son enseignant d'origine. Les autres enseignants sont ensuite classés par points de barème, ce qui génère le classement suivant :

Enseignant classé 1 ^{er}	Bernard	Anne	Vincent
Enseignant classé 2 ^d	Anne	Bernard	Anne
Enseignant classé 3 ^e	Vincent	Vincent	Bernard

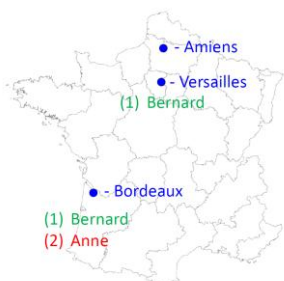
L'algorithme se déroule ensuite de la façon suivante :



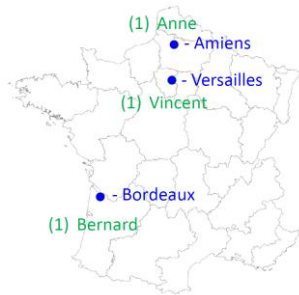
Etape 1 : A la première étape de l'algorithme, Bernard candidate à Versailles, Anne et Vincent candidatent à Bordeaux. Versailles n'ayant qu'une seule candidature, accepte temporairement Bernard. Bordeaux reçoit deux candidatures, refuse donc Vincent, et accepte temporairement Anne.



Etape 2 : A la deuxième étape de l'algorithme, Vincent candidate à son second choix (son académie d'origine, Versailles). Versailles, qui avait temporairement accepté Bernard, doit à présent choisir entre Bernard et Vincent. Vincent, bénéficiant de la garantie de pouvoir rester dans son académie d'origine, est classé premier par Versailles. Versailles refuse donc Bernard et accepte Vincent.



Etape 3 : Bernard candidate dans l'académie qu'il classe seconde (son académie d'origine Bordeaux). Du fait de la garantie de pouvoir rester dans son académie d'origine, Bordeaux accepte Bernard et refuse Anne.



Etape 4 : Anne finit donc par candidater dans son académie d'origine, Amiens, qui l'accepte. Il n'y a plus de refus. L'affectation est finale.

2.4. ARBITRAGE ENTRE MOBILITE DES ENSEIGNANTS ET RESPECT DU BAREME

Dans l'exemple précédent, aucun enseignant n'obtient de mutation. On peut se demander : pourquoi ne pas laisser Bernard et Vincent échanger leurs postes puisque chacun souhaite être affecté dans l'académie de l'autre ? Cela permettrait d'augmenter la mobilité tout en conservant une bonne répartition des enseignants : l'échange affecterait un enseignant plus expérimenté dans l'académie de Versailles qui en manque et un enseignant plus jeune dans l'académie de Bordeaux qui compte des enseignants relativement plus âgés. Cet exemple n'est pas un cas particulier. Combe, Tercieux et Terrier (2016a, b), en utilisant les données d'affectation inter-académique françaises de 2013, ont montré qu'autoriser ce genre d'échanges pourrait permettre une augmentation du nombre de mutations de l'ordre de 40 %. L'algorithme actuel limite donc bien la mobilité des enseignants.

Dès lors, pourquoi ne pas autoriser ce genre d'échanges ? Car les autoriser amènerait à une situation interdite actuellement : on ne respecterait pas le barème des enseignants. Qu'entend-on par là ? Dans l'exemple précédent, si l'on autorise l'échange de poste entre Bernard et Vincent, Vincent serait donc affecté à Bordeaux malgré un barème plus faible que celui d'Anne, qui, elle, a vu sa candidature refusée. Echanger les postes de Bernard et Vincent ne respecterait donc pas le barème d'Anne, ce qui peut générer un mécontentement parmi les enseignants.

Est-il possible de trouver un nouvel algorithme qui puisse augmenter la mobilité par rapport à la situation actuelle tout en respectant le barème ? La littérature sur le sujet nous apprend que cela n'est pas possible³⁵. Allier les deux contraintes que sont (1) le respect du barème et (2) la garantie pour les enseignants de pouvoir rester dans leur académie d'origine s'ils

³⁵ Voir Compte et Jehiel (2008), « Voluntary Participation and Re-assignment in Two-sided Matching », 2008, Paris School of Economics, Unpublished mimeo ainsi que Pereyra (2013), « A Dynamic School Choice Model », *Games and economic behavior*.

n'obtiennent aucun de leurs vœux limite les possibilités de mouvement. Aucun algorithme ne peut accroître la mobilité si ces deux critères sont conservés. Il existe donc un arbitrage fondamental entre mobilité des enseignants et respect de leur barème. L'algorithme actuel résulte donc d'un choix (certainement implicite) : celui de respecter le barème au prix d'un mouvement plus faible. Nous parlons de choix implicite car il est peu probable que les choix d'algorithmes actuels résultent d'une comparaison des différentes options d'algorithmes qui se présentent et de l'existence d'arbitrages. Développer une meilleure connaissance des algorithmes permettrait de s'appropriier ces outils et d'améliorer les affectations.

Le manque de mobilité donne lieu à des critiques régulières. Il est à présent clair que toute modification d'algorithme en vue d'accroître la mobilité se ferait au prix d'un non-respect du barème ou d'une interprétation plus flexible des points de barème. Cet arbitrage entre mobilité et barème relève de considérations plus larges qui dépassent le sujet de cette note. Cela relève notamment de discussions entre les différents acteurs du mouvement enseignant que sont le ministère et les syndicats enseignants.

Encadré 7 : Le coût du respect strict du barème

Plusieurs acteurs ont récemment souligné le coût du respect strict du barème. Un récent rapport du médiateur de l'Education nationale et de l'Enseignement supérieur souligne que « l'affectation dans une académie non désirée, suite à l'application du barème, peut être à l'origine d'importantes difficultés humaines, déboucher sur des solutions d'évitement non satisfaisantes (placement en congé sans traitement ou en disponibilité, arrêts en congé de maladie, renonciation au bénéfice du concours, démission...) et poser problème pour les élèves qui se retrouvent, un temps, sans enseignant. Tout ceci amène également les rectorats à devoir recourir à l'embauche d'enseignants non titulaires avec les difficultés liées à cette catégorie : précarité, absence de formation, revendication de titularisation ». La Cour des comptes et l'Inspection générale de l'administration de l'Éducation nationale et de la recherche (IGAENR) ont également récemment souligné, dans deux rapports indépendants, les « limites d'un système qui tend à générer des inégalités et qui ne permet pas de développer des stratégies RH adaptées aux territoires ». L'assouplissement du respect du barème a été suggéré dans les deux cas comme une voie vers plus de flexibilité dans les affectations. Un certain nombre d'affectations sont d'ores et déjà réalisées « hors barème », telles que les affectations en classe préparatoire aux grandes écoles, en section de technicien supérieur préparant au BTS et en sections internationales, européennes ou artistiques. Ces affectations hors barème représentaient 6,1 % de l'ensemble des postes enseignants à la rentrée 2012. La Cour des comptes pointe la sous-utilisation de ces « postes à profil » dans son récent rapport de 2017, faisant ainsi suite à son rapport de 2013, qui soulignait que « l'attachement des principaux syndicats à un barème égalitaire laisse en réalité peu de place à la recherche d'une véritable adéquation entre un poste particulier et une personne¹ ». L'affectation des enseignants du premier degré fournit un dernier exemple d'utilisation plus flexible du barème. En vue de remédier à un manque important de mouvement, des échanges de postes hors barème sont réalisés dans le premier degré.

L'arbitrage entre mobilité des enseignants et respect du barème nous apprend deux choses : l'importance de la transparence sur les objectifs à atteindre et l'importance de simulations pour quantifier les coûts et bénéfices de chaque algorithme. Etre transparents sur les objectifs poursuivis et l'existence d'arbitrages permettrait notamment aux enseignants de mieux comprendre l'origine du manque de mouvement. Loin d'être anecdotique, une meilleure compréhension par les enseignants de l'outil utilisé pour leurs affectations semble être un gage de longévité de la procédure d'affectation. Comme nous le verrons lors de l'étude de l'ancien algorithme d'Affectation post-bac (APB), le manque de transparence peut mener à une défiance généralisée des utilisateurs envers l'algorithme lui-même. En parallèle, une meilleure communication sur l'algorithme utilisé permettrait de simuler les affectations obtenues avec différents algorithmes, de quantifier le nombre d'enseignants obtenant une mutation et le nombre d'enseignants dont le barème est éventuellement non respecté. Cela permettrait de systématiquement appuyer les discussions relatives aux différentes options d'algorithmes sur des chiffres. La prochaine section présente certains résultats de simulations réalisés par Combe, Tercieux et Terrier (2016a, b).

2.5. UN ALGORITHME ALTERNATIF : MOBILITE ACCRUE AU PRIX DE VIOLATIONS DE BAREME

Si l'objectif premier était d'accroître la mobilité, au prix de violations de barème, quelles solutions d'affectation alternatives peuvent exister ? Et quels seraient les gains possibles de mobilité si l'on tient compte des contraintes de répartition des enseignants peu expérimentés entre les académies mentionnées plus haut ? Nous présentons dans cette section un algorithme alternatif qui peut significativement améliorer la mobilité des enseignants, tout en conservant une répartition des jeunes enseignants relativement stable entre les différentes académies.

Cet algorithme, décrit dans l'encadré 8 ci-après, identifie des échanges de postes mutuellement avantageux entre enseignants et les réalise – tels que l'échange entre Bernard et Vincent dans notre exemple précédent. Pour tout algorithme qui accroît la mobilité, il est cependant important de tenir compte de l'impact de la mobilité sur la répartition des enseignants peu expérimentés dans les académies défavorisées (telles que Créteil, Versailles ou Amiens). Afin de tenir compte de ces contraintes de répartition, préalablement aux affectations, certaines académies sont déclarées « prioritaires ». Pour

ces académies, l'algorithme maintient un équilibre entre les entrées et sorties d'enseignants peu expérimentés.

Encadré 8 : Algorithme des Echanges mutuellement améliorants (EMA)³⁶

A chaque étape de l'algorithme décrite ci-dessous, il faut identifier pour chaque enseignant l'ensemble des académies pour lesquels il est dit « éligible ». Pour déterminer si un enseignant est éligible dans une académie, deux cas doivent être distingués :

1. *L'académie n'est pas prioritaire* : l'enseignant y est automatiquement éligible.
2. *L'académie est prioritaire* : pour que l'enseignant y soit éligible, il doit disposer d'un barème de priorité plus élevé que les points de barème d'expérience de certains des enseignants en poste dans cette académie et qui n'ont pas encore été réaffectés par l'algorithme à l'étape considérée.

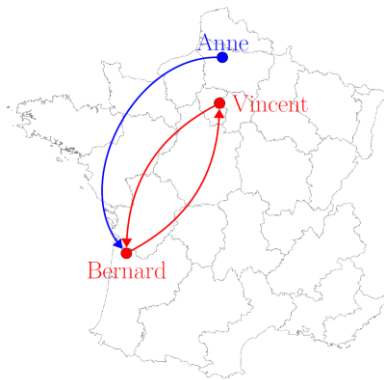
Un échange mutuellement améliorant existe si un ensemble d'enseignants peuvent échanger leurs académies et (1) l'académie obtenue par chaque enseignant dans cet échange est son académie préférée parmi les académies auxquelles il est éligible, et (2) si dans cet échange, un enseignant prend le poste d'un autre enseignant dans une académie prioritaire alors il doit avoir un barème supérieur à ce dernier dans cette académie³⁷.

À partir des vœux formulés par les enseignants, et de leur barème dans les différentes académies, l'algorithme consiste à appliquer les étapes suivantes :

- **Étape 1.** À partir de l'affectation initiale, identifier un échange mutuellement améliorant. L'échange identifié est réalisé. Un enseignant faisant partie de l'échange est définitivement affecté à l'académie qu'il obtient. Un enseignant dont les académies auxquelles il est éligible n'ont plus de place est considéré comme définitivement affecté à son académie d'origine.
- **Étape 2.** Considérer uniquement les enseignants qui n'ont pas encore été considérés comme définitivement réaffectés à l'étape 1. Identifier un échange mutuellement améliorant. L'échange identifié est réalisé et un enseignant faisant partie de l'échange est définitivement affecté à l'académie qu'il obtient. Un enseignant dont les académies auxquelles il est éligible n'ont plus de place est considéré comme définitivement affecté à son académie d'origine.
- Le processus se poursuit jusqu'à ce qu'il n'existe plus d'échanges améliorants.

³⁶ Cet algorithme a été proposé et étudié par Combe, Tercieux et Terrier (2016b) et inspiré des travaux de Shapley et Scarf (1974) « On Cores and Indivisibility », *Journal of Mathematical Economics*. La description est tirée de l'encadré 3 de la note IPP n° 24, « Améliorer la mobilité des enseignants sans pénaliser les académies les moins attractives ? Le rôle clé d'un nouvel algorithme d'affectation ».

³⁷ Cette description des EMA suppose qu'il n'y a que des enseignants initialement en poste. En pratique, il existe des néo-titulaires demandant une première affectation. Nous utilisons une version plus générale de l'EMA qui permet de prendre en compte ces enseignants.



Dans l'exemple précédent, si Amiens et Versailles sont des académies prioritaires, alors tout enseignant voulant entrer dans l'une de ces académies doit avoir un barème supérieur au barème de l'enseignant sortant. Bernard ayant un barème plus élevé que Vincent, il est donc éligible pour l'académie de Versailles qui est prioritaire. Bordeaux n'étant pas prioritaire, tous les enseignants y sont éligibles. Lors

de la première étape de l'algorithme, l'échange mutuellement améliorant est représenté par les flèches rouges dans la figure ci-dessus.

Vincent et Bernard peuvent échanger leur affectation. Vincent est affecté à Bordeaux et Bernard à Versailles. A l'étape suivante, il ne reste plus de place pour Anne. L'algorithme s'arrête. Cet algorithme accroît la mobilité des enseignants par rapport à l'algorithme actuel, sous lequel aucun de ces enseignants n'obtenait de mutation. En revanche, comme nous l'avions signalé, l'échange entre Bernard et Vincent ne respecte pas le barème d'Anne : Vincent, qui a un plus faible barème qu'Anne, est affecté à Bordeaux alors que cette dernière souhaite également y être affectée.

Quels seraient les gains de mobilité et la répartition des enseignants entre les différentes académies si ce nouvel algorithme était adopté ? Le tableau 1 ci-après illustre les résultats de simulations menées par Combe, Tercieux et Terrier (2016a). La première colonne présente la mobilité sous l'algorithme actuel. Les colonnes 2 et 3 présentent l'accroissement de mobilité (en pourcentage) sous l'algorithme alternatif introduit ci-dessus (EMA) sans considération des académies prioritaires (colonne 2) et avec complète considération des académies prioritaires (colonne 3). Dans ce dernier scénario, tout enseignant au sein des trois académies prioritaires doit être remplacé par un enseignant ayant un barème plus élevé. La dernière colonne présente les résultats de simulations intermédiaires dans lesquelles le critère d'académie prioritaire n'est pris en compte que pour certains enseignants au sein de ces académies. Certains enseignants sélectionnés

doivent être remplacés par des enseignants à plus haut barème. Les autres peuvent être remplacés par un enseignant avec un barème plus faible³⁸.

Tableau 1 : Comparaison du nombre d'enseignants initialement affectés obtenant une nouvelle affectation sous l'algorithme actuel (AD) et l'algorithme alternatif proposé (EMA) - par académie d'origine				
Académie d'affectation initiale	Algorithme actuel (AD) (1)	EMA sans académie prioritaire (2)	EMA avec académies défavorisées prioritaires (3)	EMA avec enseignants cibles dans des académies défavorisées (4)
Toutes les académies	3991	+56.7 %	+21.2 %	+44.9 %
Académies les plus attractives	2192	+79.2 %	+79.1 %	+79.2 %
ex: Rennes	30	+40.0 %	+40.0 %	+40.0 %
ex: Bordeaux	47	+46.8 %	+46.8 %	+46.8 %
ex: Toulouse	73	+75.3 %	+75.3 %	+75.3 %
Académies les moins attractives	1799	+29.2 %	-49.3 %	+3.1 %
ex: Amiens	207	+58.5 %	-30.9 %	+1.4 %
ex: Créteil	813	+22.4 %	-62.0 %	+2.5 %
ex: Versailles	779	+28.6 %	-40.9 %	+4.2 %

Source: Tableau 4 de Combe, Tercieux et Terrier (2016a), « Améliorer la mobilité des enseignants : un nouvel algorithme ne pénalisant pas les académies les moins attractives », Education & Formations, vol. 92, pp. 57-75. Données sur l'affectation inter-académique des enseignants du secondaire public en 2013. La première ligne de la seconde colonne indique que le mouvement augmente de 56.7 % pour les enseignants titulaires ayant une affectation initiale.

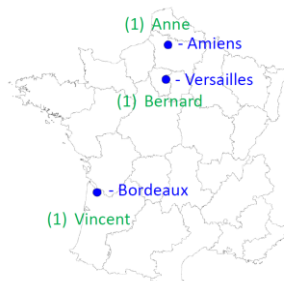
Selon les options choisies, le nombre de mutations peut être augmenté de 21 % à 57 %. L'algorithme alternatif sans considération des académies prioritaires génère le plus fort accroissement de mobilité (+ 57 %), mais il accroît également les départs d'enseignants des académies les moins attractives. Tenir compte des académies prioritaires consiste à imposer, dans ces dernières, que tout enseignant sortant soit remplacé par un enseignant dont le barème est supérieur (autrement dit, le plus souvent, par un enseignant plus expérimenté). Les résultats présentés dans la troisième colonne montrent que cette contrainte empêche un grand nombre d'enseignants de quitter les académies les moins attractives, par manque de candidats expérimentés pour les remplacer. La dernière option, présentée dans la quatrième colonne, ne permet qu'à certains enseignants au sein des académies prioritaires d'être remplacés par des enseignants à plus haut barème. Elle permet de garder un taux de mutation presque constant dans les académies peu attractives, tout en augmentant le nombre de mutations totales de + 44.9 %.

³⁸ En pratique la sélection de ces enseignants doit être une règle fixe, claire et transparente. Par exemple, dans les simulations présentées, les enseignants ont été choisis par rapport à leurs points de barème.

Encadré 9 : Lorsque l'augmentation des points de barème freine la mobilité Un exemple simple

L'affectation des enseignants fournit une illustration supplémentaire des interactions potentiellement complexes qui existent entre l'algorithme utilisé et les priorités des enseignants. Cet encadré montre que tout bonus de points accordé aux enseignants des académies ou établissements les moins attractifs peut avoir pour effet de réduire la mobilité globale sous l'algorithme utilisé actuellement en France.

L'exemple utilisé précédemment, dans lequel aucun des trois enseignants n'obtient de mutation, aurait été identique si Anne était l'enseignante la moins expérimentée, mais qu'elle bénéficiait d'un bonus de points pour avoir enseigné dans un établissement d'éducation prioritaire. Ce bonus lui ferait conserver le plus haut barème³⁹. Imaginons à présent une modification simple de ce scénario dans laquelle Anne ne bénéficie plus du bonus de points d'éducation prioritaire. Etant l'enseignante la moins expérimentée, Anne aurait alors le plus faible barème. Le nouveau classement des académies serait :



	Bordeaux	Amiens	Versailles
Enseignant classé 1 ^{er}	Bernard	Anne	Vincent
Enseignant classé 2 ^d	Vincent	Bernard	Bernard
Enseignant classé 3 ^e	Anne	Vincent	Anne

Dans ce cas, lors de la première étape de l'algorithme, l'académie de Bordeaux refuse à présent Anne au profit de Vincent. Anne candidate ensuite dans son académie d'origine (Amiens), et l'algorithme s'arrête. A l'étape finale, Bernard et Vincent obtiennent leur mutation. La mobilité a donc augmenté.

Cet exemple illustre un point important : avec l'algorithme utilisé actuellement en France, accorder à Anne un bonus de points pour avoir enseigné en éducation prioritaire peut réduire le mouvement total des enseignants, alors même que cette dernière reste affectée à Amiens dans les deux cas. Plus généralement, tout bonus de points accordé aux enseignants des académies ou établissements les moins attractifs peut avoir pour effet de réduire la mobilité.

L'ampleur exacte du problème que nous décrivons (i.e. le nombre d'enseignants dont la mobilité est pénalisée à la suite d'une augmentation de la priorité des enseignants des académies les moins attractives) n'a pas donné lieu à une évaluation empirique. Ces effets sont potentiellement difficiles à anticiper. Pourtant, la quantification de ces effets par l'intermédiaire de simulations nous paraît primordiale.

³⁹ En pratique, les enseignants qui restent cinq ou huit ans dans un établissement d'éducation prioritaire disposent d'un bonus de points.

2.6. AFFECTATION DES ENSEIGNANTS : QUELLES LEÇONS RETENIR ?

S'intéresser au processus d'affectation des enseignants nous apprend plusieurs choses. Premièrement, de nombreuses alternatives à l'algorithme actuel sont possibles. Cependant, contrairement à l'algorithme alternatif pour Affelnet, qui présente un gain clair pour les élèves, les alternatives à l'algorithme d'affectation des enseignants, discutées dans cette section, font apparaître un arbitrage entre accroissement de la mobilité et respect strict du barème. La priorité est actuellement mise sur le respect du barème, au prix d'une mobilité plus limitée. L'objectif de cette note n'est pas nécessairement de préconiser un changement, mais de mettre en évidence que la procédure actuelle d'affectation des enseignants est loin d'être l'unique option. Il nous semble primordial que les acteurs du monde éducatif comprennent que différents choix d'algorithmes s'offrent à eux, chacun présentant avantages et inconvénients. Le choix final de l'algorithme d'affectation devrait résulter d'une discussion éclairée des différentes options entre les différents acteurs que sont le ministère, les représentants enseignant et les académies. Choisir un algorithme sans considérer les différentes options revient à faire un choix politiques implicite.

De plus, comme souligné pour l'affectation des élèves, l'algorithme d'affectation des enseignants ne peut être considéré indépendamment du système de priorité. Comme nous l'avons illustré, les deux interagissent de façon complexe, de telle sorte que toute réforme de l'algorithme ou bien du barème devrait systématiquement donner lieu à des simulations pour anticiper les effets potentiellement inattendus. De façon plus générale, les discussions relatives aux différents choix d'algorithmes et de priorités devraient s'appuyer sur des simulations qui chiffrent les améliorations de mobilité possibles, mais aussi le potentiel coût en termes de respect du barème et de répartition des enseignants néo-titulaires. La structure institutionnelle (voir section 4) que nous proposons pourrait être en charge de ces analyses, en collaboration avec les chercheurs spécialistes du domaine.

Enfin, il est important de souligner qu'un changement d'algorithme d'affectation n'est pas un substitut à d'autres politiques éducatives ayant trait à la mobilité enseignante et aux inégalités géographiques. Si différents algorithmes produisent des affectations différentes de jeunes enseignants, l'algorithme d'affectation, à lui seul, ne permet pas d'augmenter significativement le nombre d'enseignants expérimentés dans les académies défavorisées, et ce pour une raison simple : trop peu d'enseignants demandent à être affectés dans les régions non attractives. L'algorithme prenant comme données les vœux des enseignants, il

ne peut les contraindre à se rendre au sein de ces académies. D'autres politiques peuvent accompagner la procédure d'affectation pour attirer les enseignants expérimentés au sein des académies défavorisées : primes, conditions de travail, ressources pour les écoles, etc. Afin d'évaluer l'impact de ces politiques sur leur capacité à attirer les enseignants, une meilleure connaissance de leurs préférences et des déterminants de la mobilité est nécessaire. De récentes techniques statistiques permettent d'évaluer ces déterminants des préférences des enseignants à partir des données de leurs listes de vœux soumises à l'algorithme. L'utilisation systématique de ces données apparaît donc comme essentielle pour le pilotage des politiques publiques.

3. L'AFFECTATION DES ETUDIANTS AUX UNIVERSITES : D'APB A PARCOURSUP

La plupart des élèves de terminale poursuivent leurs études dans l'enseignement supérieur⁴⁰. Se pose alors la question de l'affectation de presque 900 000 élèves dans les différentes filières du supérieur⁴¹. Entre 2009 et 2017 le ministère a eu recours à un algorithme d'affectation, appelé Admission post-bac (APB), vraisemblablement similaire à l'algorithme Affelnet décrit précédemment. L'année 2018 voit l'arrivée d'une nouvelle procédure d'affectation, « Parcoursup », qui diffère d'APB de manière significative, en laissant partiellement la place à une procédure qui se veut plus décentralisée, plus « humaine ».

Nous allons décrire en quoi APB et Parcoursup se rapprochent, ou diffèrent des procédures que nous avons décrites dans les sections précédentes, où nous avons présenté deux grandes procédures d'affectation et illustré, de façon plus générale, les éléments clés à considérer et les potentiels dysfonctionnements des procédures d'affectation. Nous nous appuyons sur ces sections pour analyser la procédure APB et son remplaçant Parcoursup.

3.1. APB : LES PRINCIPALES CRITIQUES

La procédure APB partageait de nombreuses similarités avec la procédure d'affectation des élèves dans les lycées : les élèves de terminale devaient soumettre une liste *ordonnée* de

⁴⁰ La quasi-totalité des bacheliers généraux, 75 % des bacheliers technologiques et 30 % des bacheliers professionnels.

⁴¹ Plus de 665 000 élèves de terminale et 122 000 étudiants en réorientation ont soumis un dossier pour une affectation post-baccalauréat à qui viennent s'ajouter 99 000 candidats dans d'autres situations (non scolarisés, candidats inscrits à l'étranger...).

formations post-bac. Les formations sélectives classaient les candidats. Pour les formations non sélectives, les élèves étaient classés selon leur lieu de domiciliation ainsi qu'en fonction du rang auquel ils classaient la formation (selon un principe comparable au bonus 1^{er} vœu dans Affelnet). Une particularité du système de priorité utilisé par APB est qu'il laissait de nombreux étudiants *ex-aequo*, rendant le recours au tirage au sort nécessaire pour départager ces étudiants dans les formations faisant face à un plus grand nombre de candidats que de places (par exemple la filière Staps). Une fois le classement des candidats dans chaque formation établi (à l'aide des priorités et du tirage au sort), un algorithme centralisé était utilisé pour procéder à l'affectation des étudiants dans les formations. APB reposait donc sur les trois éléments clés de toute procédure algorithmique d'affectation : les vœux des candidats, les priorités au sein des formations et l'algorithme.

Les principales critiques dont APB a fait l'objet portent sur le recours au tirage au sort pour départager les candidats dans les formations non sélectives et sur le nombre d'étudiants sans affectation à l'approche de la rentrée. Pour répondre à ces critiques, le ministère a fait le choix d'un nouveau système : Parcoursup. Commençons par décrire le fonctionnement de cette nouvelle procédure.

3.2. DESCRIPTION DE PARCOURSUP

Les élèves de terminale ont eu jusqu'au 31 mars pour saisir, sur la plate-forme Parcoursup, dix vœux de formations, sans les ordonner⁴². Ces formations peuvent être de deux types : « sélectives » (classes préparatoires, IUT, BTS) ou « non sélective » (licences universitaires). Tous les établissements ont ensuite examiné les dossiers des étudiants ayant listé une de leurs formations, avant de les classer et transmettre ce classement au ministère. La différence principale entre les deux types de formations tient au fait qu'il est demandé aux formations « non sélectives » de classer l'ensemble des candidats alors que les formations « sélectives » peuvent décider de ne pas classer les candidats qu'elles ne souhaitent pas accueillir (voir encadré 10). Sur la base des classements reportés par l'ensemble des formations, des propositions seront faites aux candidats aux différentes étapes de la procédure. Cette procédure se déroule du 22 mai au 21 septembre, période pendant laquelle les candidats prennent connaissance des réponses des établissements pour chacun de leurs vœux (incluant

⁴² En fait, certains de ces vœux peuvent être décomposés en sous-vœux (jusqu'à 20), chacun de ces sous-vœux correspondant à un établissement particulier dans lequel la formation est proposée. Cf. le site dédié à Parcoursup, <https://www.parcoursup.fr/index.php?desc=comment>, pour plus de détails.

la possibilité d'être mis sur liste d'attente) et doivent répondre aux propositions qui leurs sont faites. Les élèves peuvent avoir des réponses positives de plusieurs formations (voir encadré 10 pour les types de réponse possibles). Ils devront alors n'en conserver qu'une seule et décliner les autres propositions. Les refus offrent la possibilité au ministère de faire une proposition à des élèves sur liste d'attente n'en ayant pas eu jusqu'ici. Ces réponses doivent être envoyées dans un délai relativement court⁴³. Il est important de noter qu'un élève peut accepter temporairement une proposition : il peut l'accepter tout en faisant savoir qu'il souhaite attendre les propositions des formations l'ayant mis sur liste d'attente. Son acceptation est donc temporaire puisqu'il pourra y renoncer en faveur d'une meilleure option pour lui dans le futur.

Soulignons que le ministère conserve l'usage d'un algorithme pour l'envoi des vagues de propositions aux candidats. Les formations ne sont pas en charge d'envoyer les propositions directement et manuellement. Elles soumettent au ministère leur classement, qui se charge d'envoyer les offres aux candidats, de recueillir leurs réponses et, en cas de refus d'un candidat, de faire une proposition à un candidat supplémentaire en descendant dans le classement. Soulignons également que les rectorats sont susceptibles de modifier les classements des candidats transmis par les formations non sélectives afin de satisfaire deux types de critères : le pourcentage de propositions faites à des candidats non-résidents dans l'académie est limité et un pourcentage minimal de propositions doit être fait à des candidats boursiers.

Encadré 10 : Différentes réponses de la part des formations

Le passage d'APB à Parcoursup contient plusieurs changements, dont l'introduction de différentes catégories de réponse des formations. Le type de réponse dépend notamment du niveau de sélectivité des filières :

1° les filières sélectives (CPGE, BTS, IUT, écoles privées... ainsi que certaines licences universitaires) font un classement des candidats qu'elles admettent, avec liste d'attente. Les trois réponses possibles aux candidats sont donc : « Oui », « Oui en liste d'attente » ou « Non ».

2° Les filières non sélectives, quand le nombre de candidats est inférieur aux capacités d'accueil, peuvent répondre : « Oui » ou « Oui si ».

3° Les filières non sélectives dans lesquelles les demandes sont en nombre supérieur au nombre de places peuvent répondre : « Oui », « Oui en liste d'attente », ou « Oui si ».

Jusqu'en 2017, la catégorie « Oui si » n'existait pas.

Cette procédure répond aux deux principales critiques formulées à l'encontre d'APB à travers l'abandon du tirage au sort et l'ouverture de places supplémentaires dans un

⁴³ Le délai de réponse est de sept jours pour les propositions reçues jusqu'au 25 juin inclus. Il passe à trois jours pour les propositions reçues à compter du 26 juin puis passe à un jour à partir du 21 août.

ensemble de formations sous tension. Elle permet également de répondre à une troisième objection à APB : la déshumanisation du processus ou, tout au moins, son manque de transparence. En effet, un effort de communication a été fait pour expliquer le fonctionnement de Parcoursup⁴⁴. En outre, les candidats répondent directement aux offres des formations, ils peuvent donc avoir le sentiment de participer plus activement au processus d'affectation.

Il nous semble néanmoins que l'abandon d'un algorithme centralisé contribue à introduire de nouveaux risques et de nouvelles formes d'incertitudes que nous allons nous attacher à détailler.

3.3. RISQUES ASSOCIES A LA NOUVELLE PROCEDURE PARCOURSUP

3.3.1. Lenteur et incertitude pour les candidats

A la lecture de la description des étapes de Parcoursup, il est marquant que cette procédure mime entièrement le fonctionnement de l'algorithme Affelnet (décrit dans l'encadré 2) qui devait, selon toute vraisemblance, également être celui utilisé pour affecter les élèves *via* APB⁴⁵. Si l'algorithme automatise les différentes étapes de façon informatisée, dans Parcoursup, les étapes de candidatures et rejets sont réalisées par les étudiants et formations (par l'intermédiaire du ministère). Cette version décentralisée est donc soumise aux mêmes critiques qu'Affelnet⁴⁶. En sus de ces critiques, nous pouvons douter de sa capacité à traiter aussi efficacement les demandes que l'algorithme centralisé. La source la plus évidente d'inefficacité est que la séquence de propositions et rejets pourrait être exécutée quasi instantanément par un algorithme. Inversement, il faut certainement beaucoup de temps pour que ce processus totalement décentralisé atteigne une situation où les élèves ont tous une proposition.

⁴⁴ Le code de l'algorithme gérant la succession de propositions faites aux élèves a été publié en ligne : <https://framagit.org/parcoursup/algorithmes-de-parcoursup>.

⁴⁵ A notre connaissance, l'administration n'a jamais publié le code source de l'algorithme (les règles définissant les priorités ont été publiées). La nouvelle procédure diffère cependant de l'algorithme d'Affelnet à deux égards. Premièrement, contrairement à Affelnet, Parcoursup ne demande pas aux élèves de classer les établissements. Ils le font implicitement lorsqu'ils refusent ou acceptent des propositions. Deuxièmement, les priorités ne sont pas décidées à l'échelle nationale par un système de points. Les priorités sont déterminées par chacune des formations, suite à l'analyse du dossier des candidats (ajustées parfois par le rectorat comme décrit dans le texte).

⁴⁶ Ainsi, il est possible qu'un élève ayant une priorité plus élevée dans l'ensemble des formations puisse, paradoxalement, obtenir une affectation qu'il juge moins bonne que celle qu'il aurait obtenue avec une priorité plus faible. Par ailleurs, l'affectation sous Parcoursup peut mener à des situations où les élèves souhaitent échanger les affectations respectives sans que cela n'induisse aucune violation de priorités.

Le temps nécessaire pour affecter tous les élèves est, bien entendu, un élément essentiel du débat. En effet, les élèves en attente d'une affectation au mois d'août 2017 ont constitué un des facteurs déclenchant l'abandon d'APB. Dans la mesure où, dans Parcoursup, l'ensemble des formations classent leurs candidats, il est très probable que les premières propositions se concentrent sur les élèves aux meilleurs dossiers puis très progressivement arrivent aux moins bons dossiers⁴⁷. Cette concentration des propositions ne peut être qu'un facteur ralentissant le processus.

La lenteur du processus fait émerger une double incertitude pour les candidats : certains étudiants risquent de ne pas avoir de propositions lors des premières vagues de propositions faites par les formations. D'autres reçoivent une proposition tôt, mais attendent une offre d'une formation qu'ils préfèrent. Au-delà du stress généré, cette incertitude impacte l'accès au logement des étudiants et leur capacité à préparer leur rentrée dans de bonnes conditions (en particulier pour les élèves les plus fragiles qui seront ceux classés en dernier par la plupart des formations).

3.3.2. Non-convergence de la procédure et risque de non-affectation

Les lenteurs inhérentes à un processus décentralisé risquent d'avoir d'autres conséquences. Comme nous l'avons souligné, Parcoursup peut être vu comme une version décentralisée de l'algorithme Affelnet. Cependant, par manque de temps, il est probable que cette version décentralisée ne converge pas vers l'allocation finale à laquelle aurait abouti Affelnet. Tout se passera comme si l'algorithme devait s'arrêter après un nombre limité d'étapes. Cela risque d'augmenter considérablement le nombre d'étudiants non affectés à la fin du mois de juin. Pour ces derniers, une procédure complémentaire est prévue⁴⁸. Par ailleurs, il est également possible que certains étudiants ne soient pas affectés dans des formations qu'ils jugent meilleures que leur affectation finale alors même que d'autres étudiants, moins bien classés qu'eux dans ces formations, y sont affectés⁴⁹. Si

⁴⁷ Selon les premiers chiffres (23 mai 2018), près de la moitié des élèves n'ont reçu aucune proposition à l'issue de la première vague de proposition et environ 4 % n'ont reçu que des refus.

⁴⁸ Durant cette phase, les étudiants non affectés ont la possibilité de soumettre une nouvelle liste de dix candidatures au sein des formations dans lesquelles il reste des places disponibles.

⁴⁹ Pour comprendre ce risque, considérons le cas extrême où l'algorithme devait s'arrêter à la 1^{re} étape de proposition-rejet. Une formation ayant vu une de ses propositions rejetée lors de cette étape aura une place vacante alors même qu'un étudiant affecté à une autre formation à la fin de cette 1^{re} étape aurait préféré recevoir une proposition de cette formation. Si l'algorithme s'était poursuivi, la formation aurait pu faire une proposition selon son classement à cet étudiant. Cependant, puisque l'algorithme s'arrête, cette place sera réaffectée dans la procédure complémentaire pour les étudiants restant sans affectation.

c'est le cas, le principe de respect des priorités, tel qu'il a été défini dans la partie sur l'affectation des enseignants, serait remis en cause. Ce type de configuration, satisfaisante ni pour les étudiants ni pour les universités, aurait été naturellement évitée si la suite de propositions et de rejets était allée à son terme.

3.3.3. Développement de comportements stratégiques de la part des élèves

Développement de « stratégies prudentes » de la part des candidats. L'introduction d'un classement des candidats, associée à un nombre limité de vœux qu'ils peuvent reporter et à une séquence de propositions-rejets pouvant être longue, risque de conduire certains étudiants à être prudents dans leurs reports de vœux en listant les formations dans lesquelles ils estiment avoir le plus de chances d'être acceptés plutôt que les formations qu'ils préfèrent. Ce phénomène risque de concerner plus particulièrement les lycéens dont le dossier scolaire est le plus fragile. Parcoursup souffre donc des défauts d'une procédure manipulable, que nous avons exposés au sujet d'Affelnet.

Développement de « stratégies de rapidité » de la part des candidats. Certains étudiants qui reçoivent une proposition tôt ont le choix entre attendre une proposition d'une formation qu'ils préfèrent ou bien accepter la proposition qu'ils ont en main. L'attente étant coûteuse (en termes de stress, d'accès au logement, de préparation de la rentrée), des étudiants risquent d'accepter des propositions qui ne sont pas nécessairement leurs préférées « pour en finir avec l'incertitude ». Ce coût est très problématique car il est invisible. Si ce phénomène est répandu, il peut accroître les abandons en première année de licence.

Ces deux éléments contribueront certainement à réduire la lenteur du processus, mais au prix d'affectations moins satisfaisantes pour les candidats.

3.3.4. Développement de comportements stratégiques de la part des formations

Il est probable que les formations s'ajustent aux stratégies qu'elles anticipent de la part des élèves lorsqu'elles classent les candidats. En particulier, nous venons de voir que les candidats pourraient être amenés stratégiquement à accepter définitivement des propositions qui leur seraient faites relativement tôt. En réponse, les formations les moins attractives pourraient adopter des stratégies de prudence en décidant de limiter les propositions qu'elles font aux meilleurs candidats. En effet, ces derniers ont de grandes chances de refuser ces propositions pendant que d'autres candidats, qui souhaitent limiter

leur temps d'attente, accepteront définitivement les propositions d'autres formations. Une autre forme de stratégie consiste à reporter des capacités d'accueil plus importantes que ce que les formations ont réellement⁵⁰.

3.4. QUEL BILAN TIRER DU REMPLACEMENT D'APB PAR PARCOURSUP

Comme souligné dans les sections précédentes, il est fondamental de distinguer, d'un côté, l'algorithme d'affectation, de l'autre, les systèmes de priorités utilisés pour classer les candidats au sein de chaque formation (classement au « mérite » effectué par chaque établissement dans les filières sélectives selon des critères qu'ils sont libres de déterminer, critères décidés de manière centralisée combinés au tirage au sort dans les filières non sélectives...). Les deux grandes critiques émises à l'encontre d'APB (recours au tirage au sort et nombre d'étudiants non affectés) n'ont pas directement à voir avec l'algorithme. Par exemple, si l'objectif était de mettre fin au tirage au sort, laisser les formations universitaires définir leurs prérequis et classer les étudiants n'est en aucune façon incompatible avec l'usage d'un algorithme. Le classement des étudiants par les universités peut ensuite être utilisé par l'algorithme exactement comme l'ordre de priorité des élèves dans les lycées par l'algorithme Affelnet. Le choix du ministère a été plus radical puisque c'est l'algorithme centralisé lui-même qui a été remis en cause au profit d'une procédure décentralisée. Toutes les critiques de Parcoursup que nous avons répertoriées dans les précédentes sections sont liées à l'abandon de l'algorithme centralisé. Elles nous conduisent à douter qu'une procédure décentralisée soit la mieux adaptée pour gérer un problème d'affectation aussi complexe de par le volume d'élèves impliqués et la richesse des vœux exprimés (près de 7 millions de vœux ont été formulés). En outre, les potentiels comportements stratégiques des étudiants et des formations que ce type de procédure est susceptible d'induire sont particulièrement pervers dans la mesure où ils risquent de masquer les défauts de Parcoursup. Ainsi, l'évaluation de Parcoursup risque d'être très difficile à mener. Il est en effet possible que la procédure fasse une impression positive à la fin de l'été 2018 et que les élèves obtiennent une affectation dans des délais raisonnables... mais ce en raison des comportements stratégiques qu'ils ont adopté.

⁵⁰ Ces stratégies d'overbooking, semblent être véritablement considérées par certaines formations sélectives (cf. <http://ingenuingenieur.blog.lemonde.fr/2018/04/17/des-formations-selectives-pratiquent-l-overbooking-de-candidats-sur-parcoursup/>).

3.5. AMELIORER PARCOURSUP : QUELLES RECOMMANDATIONS ?

Le bilan que nous venons de tirer nous permet d'esquisser certaines pistes d'améliorations. Trois directions nous semblent devoir être prises : 1) accélérer le processus pour limiter le stress des étudiants et ainsi éviter les comportements stratégiques dans les reports de vœux des étudiants et dans les classements des formations ; 2) choisir un système de priorités et un système de report de vœux permettant, là encore, de limiter les comportements stratégiques et ; 3) clarifier les objectifs politiques qui sous-tendent le système de priorités et la façon dont l'algorithme et le système de priorité est susceptible de remplir ces objectifs. A nouveau, nous insistons sur le fait qu'il est primordial que tout changement dans la procédure soit d'abord évalué sur la base de simulations en utilisant les données récoltées dès cette année.

Concernant le premier point, il nous paraît souhaitable d'avoir recours, à un moment de la procédure, à un algorithme centralisé permettant d'affecter l'ensemble des élèves en confrontant une liste ordonnée de vœux qu'ils auraient reportés et leurs classements dans les formations. Concernant l'algorithme même, il nous paraît naturel d'utiliser celui décrit dans l'encadré 4, pour les raisons exposées dans notre section sur Affelnet. Outre ses bonnes propriétés, le recours à cet algorithme permettrait un traitement automatique, et donc rapide, des différentes étapes de propositions et de rejets qui vont être faites dans Parcoursup. Notons qu'il est possible de faire précéder ce traitement automatique d'une phase d'allers et retours entre élèves et formations telle qu'elle est proposée aujourd'hui dans Parcoursup. Cette phase pouvant avoir l'avantage d'aider les étudiants à acquérir de l'information sur les formations susceptibles de les accepter. Cependant, cette phase devrait rester suffisamment courte pour aboutir rapidement à une affectation finale. Notons que ce système hybride (séquence de propositions-rejets puis algorithme centralisé) est d'ores et déjà utilisé en Allemagne par exemple⁵¹.

Concernant le système de priorités et le système de report des vœux, soulignons d'abord en quoi Parcoursup nous apparaît comme une amélioration par rapport à APB. Sous APB, le classement de certaines filières s'appuyait sur les préférences exprimées par les candidats. Par exemple, si un candidat classait en premier choix une licence en tension, il obtenait une priorité plus élevée qu'un candidat qui n'en faisait que son deuxième vœu. Tenir compte du rang du vœu pour classer les étudiants est très semblable au bonus

⁵¹ C'est la plateforme DoSV : <https://www.uni-assist.de/en/how-to-apply/plan-your-application/hochschulstart-dosv/>.

premier vœu que nous avons décrit pour Affelnet. Les conséquences sont les mêmes. Cela risque de pénaliser les candidats qui reportent sincèrement leurs vœux⁵². Dans Parcoursup, les formations ne peuvent évidemment pas tenir compte du rang du vœu pour classer les étudiants puisque, au moment de les classer, elles ne connaissent pas ce rang. Cette propriété devrait être conservée si un retour à une liste ordonnée de vœux soumise par les élèves était envisagé. En outre, l'existence d'une limite sur le nombre de vœux reportés par les élèves génère également de fortes incitations à un report stratégique des vœux. Ce fait nous incite à préconiser un relâchement de cette contrainte en laissant les élèves lister plus de formations. Il faut néanmoins avoir en tête l'arbitrage pouvant exister entre les effets bénéfiques d'un tel allongement de la liste de vœux et la charge de travail supplémentaire que cela génère pour les formations qui classent ces nouveaux candidats. La plupart des formations recourent cependant à des algorithmes pour trier leurs candidats. Augmenter leur nombre ne constitue donc pas nécessairement une charge additionnelle considérable.

Enfin, illustrons la question de la transparence des objectifs politiques, et de l'adéquation entre le choix d'algorithme-système de priorités et ces objectifs, par l'exemple du « critère boursier » mis en place dans Parcoursup. Concernant l'objectif politique, Parcoursup prévoit « l'instauration d'un pourcentage minimal de bacheliers bénéficiaires de la bourse nationale de lycée dans les formations publiques sélectives et les formations publiques non sélectives en tension dans le but de favoriser la mixité sociale ». Pour ce faire, « un pourcentage minimal [quota] de bacheliers bénéficiaires de la bourse nationale de lycée sera déterminé pour chaque formation publique sélective et les formations publiques non sélectives⁵³ ». L'objectif politique semble donc être d'avoir un pourcentage minimal de boursiers, publié à l'avance, dans chacune de ces formations. Or, la façon dont est actuellement gérée cette priorité aux boursiers dans la procédure Parcoursup ne garantit pas que cet objectif puisse être atteint. Typiquement, on peut se retrouver avec une situation où un élève boursier n'est pas affecté à une formation qui ne remplit pas ce quota alors même que cet élève préférerait cette dernière à la formation qu'il a obtenue. Il existe aujourd'hui une littérature académique fournie sur l'étude des algorithmes d'affectation

⁵² Malgré cela le guide du candidat d'APB recommandait aux élèves de ne pas s'autocensurer.

⁵³ Ces deux citations sont extraites du document suivant :
http://cache.media.eduscol.education.fr/file/flux_orientation/61/2/Fiche-16-Les-pourcentages_minimaux_de_boursiers_de_lycee_887612.pdf.

permettant de mettre en application ce type de quota⁵⁴. En s'inspirant de cette littérature, il nous semble possible de proposer une procédure permettant de répondre plus fidèlement aux objectifs politiques annoncés et ainsi d'être plus transparents sur les conséquences de l'algorithme et du système de priorités. Encore une fois, il nous semble qu'un certain nombre de choix techniques ont été faits sans que le ministère ait été nécessairement conscient des alternatives possibles et de leur adéquation aux objectifs initiaux.

4. CONCLUSION : PISTES POUR UNE NOUVELLE AGENCE

A travers les exemples de l'affectation des élèves de troisième dans les lycées et de ceux de terminale dans les formations du supérieur ainsi que l'exemple de l'affectation des enseignants, nous avons insisté sur la nécessité de recourir à des algorithmes centralisés pour résoudre ces problèmes complexes d'affectation. Une fois ce constat fait, il reste à se demander quel algorithme doit être choisi et comment le système de priorités doit être construit. L'ensemble des critiques et controverses que nous avons présentées prouvent, s'il en était nécessaire, que ce choix est délicat. Cependant, notre analyse a permis de dégager quelques grands principes sur lesquels, selon nous, ce choix devrait se baser.

Tout d'abord, il est primordial que ce choix soit guidé par une compréhension claire des propriétés des différents algorithmes disponibles, mais aussi du rôle joué par l'articulation entre algorithme et priorités. Il nous semble que, pour que les décideurs publics prennent la pleine mesure de ce rôle, ils doivent s'appuyer sur l'expertise des chercheurs ayant une connaissance fine des propriétés des algorithmes d'affectation, d'une part, et sur des simulations numériques, basées sur les données recueillies, afin d'anticiper les effets d'une modification de l'algorithme et des priorités, d'autre part. Ensuite, étant donné ses conséquences, ce choix doit être fait en toute transparence. Il nous semble que, pour que ces principes puissent être mis en application, le développement d'une nouvelle structure institutionnelle est nécessaire.

Nous proposons de calquer cette nouvelle structure sur le modèle de l'Agence de la biomédecine française. Cette dernière intervient, sous l'autorité de tutelle du ministère de la Santé, notamment dans le domaine du prélèvement et des greffes d'organes. Une des missions de l'agence est de gérer la liste nationale d'attente de greffe et l'attribution des

⁵⁴ Voir par exemple : Kamada, Y. & Kojima, F. (2017), « Recent developments in matching with constraints », *American Economic Review*.

greffons. Pour ce faire, elle a recours à des règles d'attribution fonctionnant selon une série de priorités. Tout changement envisagé dans ces règles d'attribution est évalué, au sein même de l'agence, grâce à des simulations basées sur les données passées. Sur la base des résultats de ces simulations, le changement de règle est débattu avec des représentants des équipes de greffes. Il est ensuite validé ou non par l'agence. Outre ce rôle de gestion, d'évaluation et de décision, l'Agence de biomédecine remplit une mission d'information du public notamment en ce qui concerne ces règles d'attribution. Bien que l'activité de cette agence soit évidemment, par de multiples aspects, très éloignée des questions que nous traitons dans cette note, il nous semble que, dans le domaine de l'affectation des élèves et des enseignants, les missions de gestion, d'évaluation et d'information devraient également être regroupées au sein d'une même structure. Cette institution pourrait être composée de trois branches : le pôle en charge de l'affectation aux lycées, celui en charge de l'affectation au supérieur et finalement celui en charge de l'affectation des enseignants. Ces trois pôles travailleraient en étroite collaboration dans la mesure où l'expertise acquise lors de réformes des procédures d'affectation des élèves pourrait être utilisée pour réfléchir aux procédures d'affectation des enseignants, par exemple.

Cette agence pourrait avoir quatre missions principales.

- Premièrement, l'agence aurait comme objectif de récolter (et rendre exploitables) chaque année les données d'affectation des élèves, étudiants et enseignants. Cette institution remplirait donc sa fonction régaliennne de mise à disposition des données (ou de certaines données) aux différents acteurs associés au processus d'affectation : syndicats, ressources humaines du ministère, chercheurs...
- Un second objectif serait de réaliser un travail de simulations et prédictions basé sur les données. Ce travail pourrait être exécuté en interne par une équipe de statisticiens et d'informaticiens en collaboration avec des conseillers scientifiques issus du milieu universitaire. Les décisions concernant l'algorithme ou les priorités devraient être évaluées en se basant sur ce travail de simulation. En pratique, les rectorats ou le ministère feraient remonter un certain nombre d'objectifs politiques à l'agence. En mobilisant les données accumulées (vœux des candidats, priorités des formations/établissements, places disponibles dans les formations/établissements...) les années précédentes, l'agence procéderait à des

simulations pour estimer l'impact d'un changement de l'algorithme et/ou des priorités. Sur la base de ces simulations, l'agence serait capable de proposer au ministère ou aux rectorats tout un spectre de combinaisons algorithmes/priorités remplissant les objectifs édictés. Le décideur pourrait alors demander un travail d'investigation supplémentaire ou bien choisir l'une des options offertes.

- Troisièmement, l'agence serait en charge, chaque année, de récolter les vœux et de faire tourner l'algorithme (choisit par le rectorat ou le ministère) afin de produire l'affectation finale. Ce dernier point nous paraît essentiel pour rendre incontournable le passage par l'agence et s'assurer que le travail de simulation sera exécuté.
- Enfin, cette agence, comme l'Agence de biomédecine, aurait une mission d'information et serait chargée de communiquer sur l'algorithme retenu de manière à le rendre le plus transparent possible pour le public concerné.