

Détection automatique de métaphores dans des textes de Géographie : une étude prospective

Max Beligné^{1,2} Aleksandra Campar¹ Jean-Hugues Chauchat¹ Mélanie Lefeuvre¹ Isabelle Lefort² Sabine Loudcher¹ Julien Velcin¹

(1) Université de Lyon, Université Lyon 2, Laboratoire ERIC (EA 3083), France

(2) Université de Lyon, Université Lyon 2, Laboratoire EVS (UMR 5600), France

max.beligne, isabelle.lefort, sabine.loudcher, julien.velcin,
jean-hugues.chauchat@univ-lyon2.fr

RÉSUMÉ

Cet article s'intègre dans un projet collaboratif qui vise à réaliser une analyse longitudinale de la production universitaire en Géographie. En particulier, nous présentons les premiers résultats de l'application d'une méthode de détection automatique de métaphores basée sur les modèles de thématiques latentes. Une analyse détaillée permet de mieux comprendre l'impact de certains choix et de réfléchir aux pistes de recherche que nous serons amenés à explorer pour améliorer ces résultats.

ABSTRACT

Automatic detection of metaphors in Geographical research papers : a prospective study

This paper relates to a collaborative project that aims at carrying out a diachronic analysis of Geographical research papers. In particular, we present the first results we achieve by applying a method for automatic metaphor detection based on latent topic models. A more in-depth analysis is conducted in order to get a better understanding of the impact of our choices and to discuss further lines of research.

MOTS-CLÉS : Fouille de textes, métaphores, géographie, humanités numériques.

KEYWORDS: Text Mining, métaphore, geography, digital humanities.

1 Introduction

Objet de questionnement depuis les années soixante-dix, le champ de recherche des métaphores en Géographie n'a toutefois jamais été exploré de façon systématique. A partir des études fragmentées sur la question (Bachimon, 1979; Gaudin & Pumain, 2000; Ascher, 2005; Debarbieux, 2014), ce trope est reconnu comme un élément important de la logique argumentative. Par exemple, Bachimon (1979) montre l'importance de la métaphore organiciste dans la géographie vidalienne afin de rapprocher d'une science plus objective : la biologie. *Dans cette métaphore, les villages peuvent être présentés comme des cellules : « Au lieu d'être dispersée en molécules, la population y forme un noyau et ce rudiment d'organisation suffit pour donner prise sur elle »* (de La Blache, 1903). De la même manière, les régions peuvent devenir des organes et les pays se transformer en êtres vivants que les géographes doivent *disséquer*.

Si la géographie vidalienne est maintenant dépassée, l'ensemble des autres études démontrent que les métaphores sont encore très présentes dans la Géographie mais que les systèmes référentiels mis en jeu ont fortement varié au cours du temps : organicisme, mécanicisme, théâtre... Désireux d'étudier cette évolution de manière quantifiée sur un large corpus, des chercheurs en Géographie et en Informatique travaillent ensemble sur une méthode de détection automatique des métaphores.

Pour répondre à l'objectif de cette recherche, la méthode doit non seulement détecter les métaphores mais aussi déterminer les systèmes référentiels mis en jeu, ce qui nous renvoie à la dimension conceptuelle des métaphores mise en évidence par Lakoff & Johnson (1980), avec pour chaque métaphore une projection d'un domaine source sur un domaine cible. Par exemple, quand des géographes parlent de « pays qui jouent un rôle sur la scène internationale », ils projettent le mot *scène* de son domaine source du *théâtre* dans le domaine cible de la *géopolitique*. Nous cherchons donc une méthode capable de détecter les métaphores mais également de trouver les domaines conceptuels sources utilisés.

Dans un premier temps, un état des lieux global sur la question de la détection de métaphore a été réalisé (Beligné, 2017). Si nous nous concentrons dans un second temps exclusivement sur les méthodes permettant de détecter les domaines sources, celles-ci sont beaucoup moins nombreuses. Ce constat méthodologique se retrouve dans la synthèse réalisée par Shutova (2015). Plusieurs types de méthodologies peuvent être utilisées de façon plus ou moins complémentaire pour détecter à la fois les métaphores et leurs domaines sources : des ressources lexicales (Roy *et al.*, 2006; Bracewell *et al.*, 2013), de la classification non supervisée (Gandy *et al.*, 2013; Shutova & Sun, 2013), de l'apprentissage supervisé (Bracewell *et al.*, 2014) des modèles thématiques (Heintz *et al.*, 2013) et du plongement de mots (Su *et al.*, 2017).

L'étude de Roy *et al.* (2006) est la plus proche de l'objectif attendu de cette recherche. Cependant, la méthode de Heintz *et al.* (2013) nous a semblé être une bonne extension et automatisation de leur travail grâce à une recherche automatique des thématiques latentes (et non plus par l'établissement manuel d'une centaine de lexies pour chaque domaine conceptuel étudié). De plus, l'utilisation des thématiques trouvées à l'échelle du texte et des phrases sert d'indice de détection des métaphores ce qui généralise le travail de Roy *et al.* puisqu'ils utilisent implicitement cet indice en recherchant dans un texte très spécialisé (sur la finance) des phrases métaphoriques de domaines très éloignés de ce thème principal (comme la météorologie).

De plus, la méthode de Heintz *et al.* (2013) répond à plusieurs contraintes fortes du projet :

- Elle ne repose pas sur un apprentissage automatique supervisé car notre projet étant dans sa phase initiale, nous n'avons pas de corpus préalablement annoté pouvant servir de base à un apprentissage supervisé.
- Elle détecte tous les types de métaphores. Les méthodes citées dans l'état des lieux à base de classification non supervisée ou de plongement de mots sont spécialisées sur un type de métaphore comme les métaphores nominales ou verbales. Dans le cadre de notre étude générale sur la Géographie, ces réductions à un type de métaphore ne sont pas pertinentes.
- Elle est facilement utilisable en Français car notre objectif final est de travailler sur la géographie française. Beaucoup de méthodes sont développées en Anglais et utilisent des ressources lexicales qui ne sont pas forcément disponibles avec la même qualité en Français, ce qui les rend difficilement utilisables dans cette langue.
- Son efficacité semble relativement bonne : F-score de 59% obtenu par Heintz.

Nous voulons évaluer en détail cette méthode qui répond le plus à l'objectif et aux contraintes de notre projet. Nous avons choisi dans un premier temps de travailler sur un petit corpus annoté en

anglais pour comparer nos résultats sans le changement de la variable langue. Nous constatons cependant que nous constituons pour la suite en parallèle un corpus de taille importante d'articles en français qui couvre les quelques cent trente dernières années. Ici, toutefois, la priorité a été donnée au travail d'évaluation pour pouvoir réaliser et présenter dans cet article un premier test détaillé de la méthode retenue.

2 Constitution d'un corpus annoté

Nous avons fixé un objectif de taille du corpus à environ 1500 phrases annotées de façon à avoir suffisamment de représentativité pour l'évaluation des résultats mais sans que le corpus ne soit trop long à annoter pour des contraintes de ressources. Les articles ont été sélectionnés dans divers sites en ligne¹ pour varier les sujets et donc les façons d'écrire et d'utiliser les métaphores en Géographie. Cependant, cet effort de [sélection des articles](#) et de représentativité du champ disciplinaire n'a pas été très poussé car il s'agissait, dans une première étape, de tester une méthode de détection automatique sur un petit corpus et non de généraliser tout de suite notre démarche.

Deux annotateurs ont annoté manuellement et de manière indépendante les phrases en suivant la *Metaphor Identification Procedure* (MIP). Cette méthode a été choisie car elle a été construite pour essayer de limiter les biais d'interprétations personnelles qui sont une difficulté importante dans la reconnaissance de métaphore (Group, 2007) et elle est reconnue internationalement (Shutova, 2015). Après une lecture attentive en entier du texte, il s'agit d'établir pour chaque unité lexicale son sens en contexte. Si cette unité lexicale possède dans d'autres contextes un sens plus basique (soit plus concret, soit plus relié à l'action corporelle, soit plus précis, soit plus historiquement ancien), alors l'unité lexicale est annotée comme étant métaphorique. En cas de doute sur les sens plus basiques, le dictionnaire Oxford Dictionary² est utilisé.

La méthode imposant de définir un concept cible, nous avons choisi *Geography*. Un important travail de clarification a été réalisé en amont pour mieux définir ce terme. Après discussion, il a été décidé de retenir une définition restreinte selon trois domaines : les éléments naturels touchant à la topographie ou à la géomorphologie (montagne, mer, désert, etc.), les éléments sociaux (population, groupe, collectivité, etc.) et les éléments territoriaux (pays, villes, lieux, etc.). Les annotateurs ont gardé seulement les métaphores avec un concept cible en lien avec ces éléments.

Pour chaque métaphore trouvée, les annotateurs ont déterminé son concept source. Il n'y a pas eu de méthodologie fixée à l'avance pour la détermination des concepts mais un travail continu de catégorisation. Les géographes ont défini préalablement une liste de concepts sources à partir de leurs connaissances sur la question. Ensuite, au fur et à mesure de l'avancée de l'annotation manuelle et des nouvelles métaphores trouvées, la liste des concepts sources s'est étoffée pour atteindre au final 42 concepts.

Finalement, le corpus est constitué de 17 articles, soit 1527 phrases dont 365 contiennent au moins une métaphore géographique ; les articles ont entre 29 et 264 phrases ; au total le corpus contient 41620 mots. Le degré d'accord entre les deux annotateurs est mesuré grâce au test du kappa (Cohen, 1960). Le taux K qui mesure l'accord entre deux annotateurs est, dans notre cas, égal à 0,63. En comparaison de celui obtenu par Heintz ($K = 0,48$), l'accord a été plus fort entre nos deux annotateurs. Une

1. Hypergeo, Cybergeo, Science Direct, Wiley online library

2. <https://en.oxforddictionaries.com/>

hypothèse à vérifier pour expliquer cette situation concerne l'importance en amont de la clarification initiale de ce qu'on entendait par "Géographie" qui a pu contribuer à une meilleure détection et donc à l'augmentation de l'accord inter-annotateurs.

3 Méthode de détection automatique de métaphores

Le principe de la méthode consiste à sélectionner les phrases qui vont comporter à la fois le concept cible Géographie et un des 42 concepts sources. Deux filtres sont ensuite appliqués pour augmenter les chances qu'il s'agisse bien d'une métaphore. Les paragraphes suivant détaillent l'ensemble de la méthode. Pour un développement plus formel, nous renvoyons les lecteurs intéressés à l'article original de Heintz.

Pour chaque concept source, quatre mots spécifiques (mots graines dans la suite de cet article : cf. partie gauche de la table 2 pour quelques exemples) sont choisis en collaboration avec les géographes et les annotateurs. Pour le concept cible, il est difficile de réduire la Géographie à quelques mots graines. Pour faire face à cette difficulté, le nombre de ces mots est augmenté à 9 (alors que Heintz se limitait à 4) pour représenter au mieux l'ensemble des domaines de définition préalablement mentionnés : éléments naturels, sociaux et territoriaux (cf table 2).

L'objectif est d'associer à chaque concept les thématiques généralement utilisées pour parler de ce concept. Pour trouver ces thématiques, et afin d'avoir un spectre large de thématiques, la méthode LDA (*Allocation de Dirichlet Latente*) est utilisée pour trouver 100 thématiques (100 étant le nombre retenu par Heintz) sur la moitié des articles en anglais de Wikipédia choisis aléatoirement. La table 1 nous montre l'exemple de trois de ces thématiques. Chacune est une distribution de probabilités sur un dictionnaire de mots. Les cinq mots les plus représentatifs de ces trois thématiques sont indiqués à titre d'exemple avec les probabilités correspondantes. Chaque thématique est ensuite alignée avec le

t_1 : music : 0.0212 / opera : 0.0084 / orchestra : 0.0083 / piano : 0.0057 / symphony : 0.0049
t_2 : company : 0.0083 / bank : 0.0081 / tax : 0.0066 / market : 0.006 / financial : 0.0056
t_3 : city : 0.007 / population : 0.0065 / century : 0.0054 / world : 0.0051 / government : 0.005

TABLE 1 – Les cinq premiers mots les plus probables de trois thématiques différentes parmi les 100 thématiques extraites à partir de Wikipedia

concept qui maximise la somme des probabilités des mots graines correspondants lorsque celle-ci dépasse un seuil fixé Z (le score). Puis, on ne conserve qu'un nombre maximum de $N(C)$ thématiques pour les concepts cibles et $N(S)$ pour les concepts sources. Après plusieurs expérimentations, les seuils suivants sont retenus : $Z = 0,0075$, $N(S) = 3$ et $N(C) = 5$. Par rapport aux seuils de Heintz, nous avons seulement baissé un peu le seuil Z pour obtenir un meilleur alignement. La table 2 donne quelques exemples d'alignements réussis concept-thématique(s).

A partir des probabilités d'apparition de chaque thématique, il est possible de calculer la somme des probabilités d'apparition des thématiques alignées de chaque concept pour chaque phrase. Si cette somme dépasse un certain seuil, alors la phrase est considérée comme relevant du concept en question. Ce seuil peut prendre des valeurs différentes pour les concepts source ($Z_{rel,S}$) et le concept cible ($Z_{rel,C}$).

Concept	Mots graines	Score	Thématique
Music	rhythm, music, concert, jazz	0.0291	music, opera, orchestra, piano...
		0.0145	album, band, song, released...
Economy	economy, money, financial, bank	0.0199	company, bank, tax, market...
Geography	mountain, river, desert, climate, population, society, territory, environment, land	0.0459	river, lake, estonia, county...
		0.0397	city, population, century, world...
		0.0361	population, municipality, people...
		0.0259	district, rural, province, country...
		0.0194	town, village, area, river...

TABLE 2 – Quelques exemples d’alignements réussis concept-thématique(s)

Enfin, chaque phrase qui relève à la fois du concept cible *Geography* et d’un concept source est sélectionnée comme étant métaphorique pour l’algorithme. Par exemple, la phrase suivante « Several Caucasian ethnic groups, particularly the Ossetians, the Circassians, and the Armenians, have played major roles on a vastly wider stage. » relève à la fois du concept source *Theatre* (« played major roles on a vastly wider stage ») et du concept cible *Geography* (« Caucasian ethnic groups. . . »).

Pour finir, pour chaque phrase sélectionnée, un premier filtre enlève les phrases qui ont moins de 2 mots après la suppression des mots-outils³ car l’information disponible pour l’algorithme est jugé trop faible pour être significative. Ensuite, un deuxième filtre vérifie si la thématique source la plus importante de la phrase fait partie des 10 premières thématiques de l’article ; si c’est le cas, la phrase n’est pas gardée car l’utilisation aussi fréquente d’une thématique est souvent reliée à un sens littéral et non pas métaphorique.⁴ Enfin, contrairement à la méthode originelle de Heintz, nous n’avons pas cherché à déterminer explicitement les mots supports de la métaphore.

4 Résultats et discussion

D’un point de vue quantitatif, les résultats obtenus sont encourageants compte tenu de la difficulté de la tâche. Une précision de 0,60 et un rappel de 0,19 sont obtenus après plusieurs expériences en baissant de manière significative les seuils ($Z_{rel,C}=0.03$ et $Z_{rel,S}=0.01$). Toutefois, une analyse qualitative des résultats donne un autre éclairage. En comparant les concepts cibles annotés et ceux retenus par l’algorithme, une seule correspondance parfaite entre l’annotation et la détection est trouvée. Il s’agit de la phrase : « The county of hungry is inhabited by roughly - 9,919,128 as of July 2014 and this population is spread through a mix of Rural- 3308351 ppl city- 1701464,0 ppl Urban- 6747428 ppl who are all inside of this 93,028 sq km country ». La métaphore a bien été détectée manuellement dans l’expression « the county of hungry » (concept *Food*) et l’a été également par la détection automatique⁵.

Dans tous les autres cas, les concepts sources détectés manuellement sont différents de ceux de la

3. Les mots-outils utilisés sont ceux fournis dans la librairie MALLET utilisée pour extraire les thématiques

4. On retrouve ici l’idée de Roy de chercher un thème secondaire éloigné du thème principal de l’article.

5. Un retour au texte original montre qu’il s’agit en plus d’une faute d’OCR. Le contexte laisse penser qu’il s’agit en réalité de l’expression « the county of Hungary » ce qui démontre qu’il est nécessaire d’accorder plus d’importance à la qualité des textes sources.

détection automatique. L'analyse des erreurs permet de mettre en évidence le rôle à double tranchant des seuils $Z_{rel,C}$ et $Z_{rel,S}$ très bas : il suffit alors de peu de mots pour associer une phrase à un concept. Ainsi, des associations fausses peuvent rapidement apparaître comme, par exemple, dans cette phrase qui est associée par erreur au concept source *Music* : « The urbanisation density threshold is 1,019 people/sq km ». Le terme *density* explique cette erreur car il peut renvoyer à la densité sonore.

Par conséquent, l'algorithme trouve dans l'expérimentation menée des métaphores pour de mauvaises raisons. Cette situation provient de la méthode de détection manuelle employée MIP qui « suit une approche maximale, et non minimale, de telle sorte qu'une large gamme de mots puissent être considérés comme communiquant un sens métaphorique d'après leur utilisation en contexte » (Desalle, 2012). Avec des seuils bas, la méthode automatique affecte plus de phrases au champ de la Géographie ; or beaucoup de phrases *géographiques* peuvent être considérées comme métaphoriques avec la méthode de détection manuelle employée, ce qui améliore les résultats de manière erronée.

En remontant les seuils, le rappel devient faible. Dans son étude, Heintz contourne ce problème en prenant une autre base évaluative. En effet, notre étude a pour objectif de trouver toutes les métaphores dans des textes, alors que l'étude de Heintz prend comme base d'évaluation les métaphores les mieux notées par l'algorithme (obtenues avec des seuils de détection élevés) mélangées avec un ensemble de phrases détectées comme non métaphoriques. Dans notre cas, des seuils hauts se traduisent par un nombre important de métaphores non détectées par l'algorithme. Dans le cas de l'étude de Heintz, des seuils hauts effectuent au contraire une présélection efficace l'évaluation.

Si on accepte de remonter les seuils, deux éléments sont déterminants pour l'efficacité de la méthode : tout d'abord, l'alignement des concepts et des thématiques. Si certains alignements ont bien fonctionné comme le montre la table 2, seuls 26 concepts sources sur les 43 définis ont été associés à au moins une thématique. Une perspective de recherche pour faire face à ce problème est d'augmenter le nombre initial de thématiques demandées à l'algorithme. Ainsi, certains concepts non associés précédemment à une thématique pourraient peut-être être associés à certaines nouvelles thématiques. Toutefois si le seuil maximal de 3 thématiques par concept source est maintenu ($N(S) = 3$), certaines thématiques assez représentatives d'un concept peuvent n'être plus associées à ce concept car elles se retrouvent en quatrième ou cinquième position. Si l'on augmente ce seuil maximal de trois, le risque est d'affecter certaines thématiques finalement peu représentatives d'un concept à ce concept. Il y a donc un travail sur ces nouveaux seuils (nombre général de thématiques, nombre de thématiques par concept) à effectuer.

Ensuite, le deuxième élément déterminant est le choix des mots graines. Plus ces derniers sont précis et représentatifs d'un concept, meilleur est la détection. Un problème identifié de notre étude vient de l'aspect trop large du concept cible *Geography*. La Géographie pouvant a priori traiter de tout, il est difficile de choisir des mots graines qui fonctionnent pour un grand ensemble d'articles. Par exemple, les métaphores d'un article parlant d'une rivière vont avoir beaucoup plus de chance d'être trouvées (car *river* a été choisi comme mot graine et a été bien aligné : voir table 2) que les métaphores d'un article sur le changement climatique (car *climate* n'a pas été bien aligné). Avec un concept cible plus précis, ce problème serait beaucoup moins important. Il s'agit là d'un axe important d'amélioration possible. Il est possible, une fois l'algorithme en place, de l'exécuter plusieurs fois de suite avec des concepts cibles beaucoup plus précis. Il serait ainsi possible de couvrir un domaine aussi large que la Géographie, tout en conservant une efficacité maximale de la méthode ici testée.

5 Conclusion et perspectives

L'application de la méthode de Heintz a constitué un bon point de départ pour notre projet. Certes, notre objectif final n'est pas encore atteint car nous n'avons pas produit de vues diachroniques de la répartition des métaphores sur notre corpus. Cependant, cet objectif est entièrement conditionné à une bonne détection des métaphores. En effet, une fois les métaphores correctement détectées, leur représentation dans le temps ne pose pas de véritable problème comme le montre l'article de Roy *et al.* (2006). La méthode de Heintz nous a donc permis d'aborder frontalement l'aspect le plus problématique de notre projet, à savoir la détection automatique des métaphores [et de leurs domaines sources](#).

Deux pistes de recherches importantes pour l'efficacité de l'algorithme sont mises en évidence : l'alignement thématiques-concepts en travaillant sur le nombre général de thématiques et le nombre de thématiques par concept ; l'amélioration des mots-graines en exécutant l'algorithme de manière successive sur des concepts cibles plus précis. Si les pistes de recherche évoquées ci-dessus ne sont pas concluantes, il est possible d'opter pour un changement de perspective plus radical.

Cette idée provient des analyses qualitatives effectuées mais aussi de la réflexion des géographes. En effet, une de leurs conclusions, à la suite de cette étude, est que toutes les métaphores annotées manuellement avec la méthode employée ne les intéressent pas. Certaines métaphores sont usées et n'opèrent plus vraiment de transfert conceptuel comme par exemple l'expression « le lit de la rivière ». Les métaphores les plus intéressantes, les métaphores vives (Ricoeur, 1975), sont celles qui activent intentionnellement un transfert conceptuel. Citons à titre d'exemple une métaphore que les géographes aimeraient pouvoir détecter : « [La recherche de modèle en Géographie] consiste à élaguer ce que les faits ont de touffu et de contingent pour en saisir l'essentiel ou, mieux encore, la structure » (Brunet, 1972). Il y a consciemment, et ceci est marqué par la double présence des termes « élaguer » et « touffu » dans la phrase, une métaphore liée à la foresterie. Nous pensons que la méthode ici développée est particulièrement intéressante pour capter ce type de métaphore que l'on peut qualifier de « filée sur une même phrase » et qui peut jouer un rôle important d'intégration conceptuelle comme l'a montré Gréa (2002).

Ce changement de perspective modifie de manière importante l'objectif initial assigné à cette méthode. Il ne s'agit plus de détecter toutes les métaphores mais un type particulier de métaphore. Ainsi, il serait possible de remonter les seuils pour renforcer l'efficacité de la méthode sur cette tâche spécifique de détection. Il est probable qu'en voulant assigner une tâche trop large et ambitieuse à cette méthode, à savoir la détection de toutes les métaphores, nous avons diminué son efficacité spécifique. Ce changement de cap, s'il devait se confirmer, devra s'accompagner de réflexions importantes autant du côté des géographes que des informaticiens. Les premiers devront trouver des critères les plus précis et objectivés possibles pour définir les métaphores qui les intéressent le plus. Suite à ce travail, les informaticiens devront tester à nouveau cette méthode sur ce type particulier de métaphores et réfléchir à d'autres méthodes de détection pour les autres types de métaphores intéressant les géographes.

Références

ASCHER F. (2005). La métaphore est un transport. *Cahiers internationaux de sociologie*, (1), 37–54.

- BACHIMON P. (1979). Physiologie d'un langage. l'organicisme aux débuts de la géographie humaine. *Espaces Temps*, (13), 75–103.
- BELIGNÉ M. (2017). Des espaces dans la détection de métaphores. *Nouvelles Perspectives en Sciences Sociales*, **12**(2), 69–99.
- BRACEWELL D. B., TOMLINSON M. T. & MOHLER M. (2013). Determining the conceptual space of metaphoric expressions. In *International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics*, p. 487–500 : Springer.
- BRACEWELL D. B., TOMLINSON M. T., MOHLER M. & RINK B. (2014). A tiered approach to the recognition of metaphor. In *International Conference on Intelligent Text Processing and Computational Linguistics*, p. 403–414 : Springer.
- BRUNET R. (1972). Organisation de l'espace et cartographie de modèles [les villes du massif central]. *Espace géographique*, **1**(1), 43–48.
- COHEN J. (1960). A coefficient of agreement for nominal scales. *Educational and psychological measurement*, **20**(1), 27–46.
- DE LA BLACHE P. V. (1903). Tableau de la géographie de la France. In *Histoire de France depuis les origines la Révolution*. Hachette.
- DEBARBIEUX B. (2014). Enracinement – ancrage – amarrage : raviver les métaphores. *L'Espace géographique*, **43**(1), 68–80.
- DESALLE Y. (2012). *Réseaux lexicaux, métaphore, acquisition : une approche interdisciplinaire et inter-linguistique du lexique verbal*. PhD thesis, Université Toulouse le Mirail-Toulouse II.
- GANDY L., ALLAN N., ATALLAH M., FRIEDER O., HOWARD N., KANAREYKIN S., KOPPEL M., LAST M., NEUMAN Y. & ARGAMON S. (2013). Automatic identification of conceptual metaphors with limited knowledge. In *AAAI*.
- GAUDIN J.-P. & PUMAIN D. (2000). Quelques métaphores, au miroir des analyses spatiales : réseaux de villes et réseaux de pouvoir. *Revue européenne des sciences sociales. European Journal of Social Sciences*, (XXXVIII-117), 105–119.
- GRÉA P. (2002). Intégration conceptuelle et métaphore filée. *Langue française*, p. 109–123.
- GROUP P. (2007). Mip : A method for identifying metaphorically used words in discourse. *Metaphor and symbol*, **22**(1), 1–39.
- HEINTZ I., GABBARD R., SRINIVASAN M., BARNER D., BLACK D. S., FREEDMAN M. & WEISCHEDEL R. (2013). Automatic extraction of linguistic metaphor with lda topic modeling. In *Proceedings of the First Workshop on Metaphor in NLP*, p. 58–66 : Citeseer.
- LAKOFF G. & JOHNSON M. (1980). Conceptual metaphor in everyday language. *The journal of Philosophy*, **77**(8), 453–486.
- RICOEUR P. (1975). *La métaphore vive*. Paris : Seuil.
- ROY T., FERRARI S. & BEUST P. (2006). Étude de métaphores conceptuelles à l'aide de vues globales et temporelles sur un corpus. *Actes de Traitement Automatique des Langues Naturelles (TALN), Leuven, Belgique*, **1**, 580–589.
- SHUTOVA E. (2015). Design and evaluation of metaphor processing systems. *Computational Linguistics*, **41**(4), 579–623.
- SHUTOVA E. & SUN L. (2013). Unsupervised metaphor identification using hierarchical graph factorization clustering. In *HLT-NAACL*, p. 978–988.
- SU C., HUANG S. & CHEN Y. (2017). Automatic detection and interpretation of nominal metaphor based on the theory of meaning. *Neurocomputing*, **219**, 300–311.