

Données et logiciels utilisés

Les données disponibles et l'outil logiciel choisi pour le calcul d'accessibilité conditionnent les indicateurs qu'il sera possible de représenter. Les logiciels doivent répondre à quatre grandes fonctionnalités pour réaliser des analyses d'accessibilité, à savoir :

1. mettre en forme et éventuellement corriger les données source ;
2. calculer des itinéraires ;
3. calculer des indicateurs ou mesures d'accessibilité à partir des itinéraires trouvés ;
4. représenter les indicateurs calculés sous forme graphique ou cartographique.

Dans l'offre logicielle actuelle, ces quatre fonctionnalités nécessitent généralement l'utilisation de plusieurs logiciels. L'enjeu est alors que ceux-ci soient capables de s'interfacer et d'échanger facilement des données, celles obtenues en sortie de l'un étant utilisées en entrée de l'autre. C'est cette logique de suite logicielle interconnectée qui prévaut notamment dans le projet MOSART (voir étude R), avec l'utilisation combinée d'un logiciel SIG, d'un logiciel de modélisation de déplacements, d'un système de gestion de bases de données géographiques et d'un outil de calcul statistique.

Trois grands types d'outils sont généralement utilisés pour les analyses d'accessibilité :

- **des outils orientés vers le calcul d'itinéraires** : certains sont fortement intégrés à un système d'informations géographiques (SIG) et automatisent la représentation d'indicateurs basés sur les temps de parcours sous forme d'isochrones (ex. : Musliw et sa macro MapInfo présentés en annexe B-f, ou MobiAnalyst qui est intégré à ArcGIS et présenté en annexe B-e). D'autres ne permettent pas directement la représentation d'isochrones (ex : Tempus, présenté en annexe B-i, ou des scripts d'interrogation de sites internet d'information voyageurs), les données obtenues en sortie devant être retraitées dans un SIG externe ;
- **des outils dédiés à la modélisation statique des déplacements**⁵ : ils permettent de réaliser des calculs d'itinéraires à l'aide d'algorithmes d'affectation et de représenter certains indicateurs d'accessibilité (généralement des isochrones avec des représentations peu paramétrables) ;
- **des outils plus transversaux** :
 - *outils de traitement statistique* (ex : R, SAS, ...), *outils de gestion de bases de données* (basés sur le SQL), *tableurs* : ils permettent le traitement des données source (correction et mise en forme), l'estimation des indicateurs à partir des itinéraires calculés et la représentation graphique des indicateurs,
 - *langages de script* (ex : Python, ...) : ils sont utilisés pour le traitement des données sources et des résultats,
 - *logiciels SIG* : ils permettent la cartographie des indicateurs.

Ce chapitre vise à identifier les principales sources de données et à analyser comment l'offre logicielle actuelle répond aux besoins liés aux calculs d'accessibilité.

La liste de logiciels étudiée dans cet ouvrage n'est pas exhaustive

L'analyse est restreinte aux logiciels utilisés par le groupe de travail ou par un des producteurs d'études interrogés. Leur liste figure en annexe B.

Les informations fournies sur les logiciels ne sont pas garanties

Les éléments qui figurent dans cet ouvrage sont issus de la documentation des logiciels ou d'informations transmises par leurs utilisateurs. Les logiciels n'ont pas été testés en totalité par les auteurs de l'étude. Des imprécisions ou même des erreurs ont donc pu se glisser dans l'analyse. Ce document peut aider le lecteur à mieux cerner ses besoins et à faire un premier tri des logiciels qui y répondent le mieux. Néanmoins, pour les raisons mentionnées ci-dessus, il lui est recommandé de ne l'utiliser qu'à titre indicatif, celui-ci ne remplaçant pas le contact avec les différents distributeurs, une démonstration ou des contacts avec des utilisateurs. Le Cerema ne pourrait être tenu responsable d'éventuelles déconvenues.

5 - Parmi les producteurs d'études rencontrés, certains réalisent des calculs d'accessibilité à partir d'un modèle statique de déplacements. Dans ce chapitre, nous nous concentrons uniquement sur les outils logiciels sous-jacents à ces modèles afin d'explorer leurs possibilités pour le calcul d'accessibilité. Les modèles en eux-mêmes et les principes de construction des indicateurs d'accessibilité qui en découlent ont en effet déjà été présentés dans le chapitre 2.

3.1 Obtention et mise en forme des données nécessaires

Les principales données à obtenir et mettre en forme pour réaliser une étude d'accessibilité concernent la description des réseaux (routier et transports collectifs) ainsi que la localisation de la population et des équipements et opportunités du territoire. En complément, des données sur l'offre de nouveaux services à la mobilité (véhicules en libre-service, covoiturage...) ainsi que sur la demande de déplacements sont parfois utilisées.

3.1.1 Réseau routier

Sources de données

Les principales sources de données recensées dans ce travail pour la représentation du réseau routier et des vitesses de déplacement sont présentées dans le tableau 8. Notons que, dans un réseau multimodal, le réseau routier servant de support au réseau de transport collectif, sa mise à jour nécessite aussi la mise à jour des liens entre ces deux réseaux.

	Source de données	Caractéristiques, qualité et précision	Modalités d'accès
Description du réseau et vitesses « à vide »	Données commerciales de description des réseaux	Bonne qualité de la donnée. Bon niveau de précision (maillage fin et caractéristiques du réseau bien renseignées).	Payant (sauf certaines données IGN qui sont gratuites pour les organismes exerçant une mission de service public et pour les organismes de recherche et d'enseignement).
	Données libres : OpenStreetMap	Précision inégale sur le territoire. Très bon niveau de finesse dans les territoires les plus urbanisés. Données fréquemment mises à jour par les utilisateurs. Problèmes de topologie (connexion des arcs entre eux) qui les rendent difficilement utilisables en l'état pour réaliser des calculs d'itinéraires (nécessité d'un retraitement). Dates de dernières mises à jour inconnues. Impossible de reconstituer un réseau à une date passée.	Gratuit. Téléchargement sur le site d'OpenStreetMap ⁶ ou sur les sites de différents agrégateurs de données.
	Données des collectivités : base « voirie » des agglomérations	Bonne fréquence de mise à jour. Bon niveau de maillage. Erreurs topologiques possibles, car ces données n'ont pas été conçues pour le calcul d'itinéraires.	Nécessite généralement la mise en place d'une convention de réutilisation (gratuit ou peu onéreux). Disponible en Open Data pour certaines collectivités.
	Réseau « 30 000 arcs » du SETRA	Définition d'un réseau structurant au niveau national à partir des données Michelin puis mis à jour en fonction des mises en service de tronçons et des aménagements sur place réalisés. Possibilité d'extraire un réseau représentatif d'une année donnée depuis 1997. Faible maillage du réseau, utilisable pour des études interurbaines uniquement.	Établi par le MEDDE pour son usage interne uniquement.
Vitesse de déplacement en charge	Données commerciales de vitesses observées par suivi GPS de véhicules	Possibilité d'accéder aux vitesses observées à différentes périodes de la journée. Certains itinéraires avec peu d'observations dans la période considérée (significativité statistique faible).	Payant.
	Données de temps de parcours issues d'un modèle de déplacements disponible sur la zone d'étude	Temps de parcours en heure de pointe disponibles. Permet des simulations en projection. Si les données de réseau du modèle et celles utilisées pour le calcul d'accessibilité sont différentes, le « recollement » peut s'avérer complexe et long.	Peut nécessiter une convention de réutilisation des données issues du modèle.

Tableau 8 : Principales sources de données de description du réseau routier

Les entretiens et analyses menés ont fait ressortir que les données sur les réseaux dédiés aux modes actifs sont peu disponibles ou de mauvaise qualité (réseaux autorisés aux modes actifs, présence de voie cyclable, sens de circulation spécifiques, mouvements tournants, dénivelés...). Les sources de données commerciales et les données OpenStreetMap sont encore incomplètes et il est également rare que les bases voiries des

6 - <http://openstreetmap.fr> pour la documentation en français et la réorientation vers les sites permettant le téléchargement des données ; <http://www.openstreetmap.org> pour accéder à la carte en ligne et la modifier (création d'un compte utilisateur nécessaire).

agglomérations soient de bonne qualité sur ce sujet.

Gestion des formats et correction des données

Les données routières n'ont pas de format standardisé. Elles sont généralement mises à disposition sous forme de fichiers géolocalisés (par exemple de type « .shp ») dont la structure varie d'un fournisseur de données à l'autre.

Certaines données routières conçues à la base pour la cartographie mais pas pour le calcul d'itinéraires nécessitent des corrections pour traiter leur caractère « non topologique ». En effet, elles ne composent donc pas nécessairement un graphe connexe et décrivant correctement la topologie du réseau : certains tronçons nécessitent d'être connectés entre eux, d'autres d'être redécoupés.

L'importation automatisée est parfois possible, mais pas systématique. Toutefois, les données routières sont plus faciles à manipuler que les données de transport collectif puisqu'elles se résument souvent à une « couche » SIG, sans information attributaire complexe comme c'est le cas des horaires de transport collectif. En revanche, les informations sur les mouvements tournants peuvent un peu compliquer l'importation des données en l'absence de procédure automatisée.

Logiciels	Formats acceptés en entrée	Validation et correction de données	Facilité de prise en main
<i>MobiAnalyst</i> (voir annexe B, e)	<i>OpenStreetMap</i> , <i>IGN</i> , <i>Navteq®</i> et <i>TomTom®</i> Interfaçage avec les outils de modélisation (<i>Cube</i> , <i>Visum</i> , <i>Emme</i>) pour récupérer des temps de parcours résultant d'affectations Sources de données PostgreSQL-PostGIS et GeoDataBase ESRI acceptées	Non	Installation automatisée Windows
<i>OpenTrip Planner</i> (voir annexe B, g)	<i>OpenStreetMap</i> (fichiers .osm)	Non	Documentation (Github) Linux ou Mac Utilisation en ligne de commande
<i>Tempus</i> (voir annexe B, i)	<i>Navteq®</i> , <i>TomTom®</i> et <i>OpenStreetMap</i> (fichiers shp)	Correction topologique des données <i>OpenStreetMap</i>	Installation automatisée Linux, Windows Utilisation en ligne de commande traitements par lots possibles
<i>TransCAD</i> (voir annexe B, j)	Imports possibles depuis tout format SIG, mais la création d'un réseau formaté n'est pas automatique : la vérification de la connectivité est automatisée, les corrections à faire et le choix des champs à retenir sont manuels.	Détection automatique d'erreurs de connectivité du réseau	Installation automatisée Windows
<i>Visum</i> (voir annexe B, k)	Formats <i>OpenStreetMap</i> , <i>SATURN</i> , <i>TransCAD</i> , <i>Emme</i> , <i>CUBE</i>	Module de vérification du réseau	Installation automatisée Windows

Tableau 9 : Performances des logiciels en termes de chargement et de traitement automatisé des données routières

3.1.2 Offre de transport collectif

Sources de données

Les données d'offre de transport collectif utilisés dans les analyses d'accessibilité concernent les points d'arrêt géolocalisés, les lignes et les horaires de desserte ainsi qu'éventuellement la capacité (en nombre de passagers transportables) et la motorisation des véhicules. Les principales sources de données sont résumées dans le tableau 10. Elles concernent à la fois les données sur les transports collectifs urbains, interurbains, terrestres et aériens.

Certains producteurs d'études mentionnent avoir renoncé à exploiter les données horaires des transports collectifs, faute d'y avoir accès dans des conditions et des formats en permettant une exploitation rapide. Une ressaisie est parfois réalisée, lorsqu'il n'a pas été possible d'accéder à des données exploitables par d'autres

moyens. Elle est très longue à mettre en œuvre et n'est donc pas envisageable pour une étude ponctuelle. Elle est parfois réalisée pour l'alimentation et la mise à jour des modèles de déplacements.

Pour contourner la difficulté de saisie des données, une approche originale a été utilisée dans l'étude A : il s'agissait d'interroger massivement un site de calcul d'itinéraires destiné à l'information des voyageurs et d'en extraire des temps de parcours d'arrêt à arrêt. Cette méthode, assez simple à mettre en œuvre présente toutefois des inconvénients :

- nécessité d'obtenir l'accord du gestionnaire du site pour l'interroger massivement (les requêtes étant lancées la nuit pour ne pas gêner l'utilisation du site par les usagers pendant la journée) ;
- nécessité de mettre à jour le script d'interrogation du site chaque fois que le site est remodelé par son gestionnaire ;
- impossibilité de calculer des indicateurs différents de ceux prévus par le site (généralement uniquement un temps de parcours).

Source de données	Caractéristiques, qualité et précision	Modalités d'accès
« Open Data »	Données documentées Généralement de bonne qualité Mise à jour régulière Formats standards	En libre accès sur Internet Données mises à disposition par certaines autorités organisatrices ou certains exploitants Généralement gratuit (varie selon les usages qui en sont faits).
Extraction d'un site Internet d'information voyageurs ou du système d'aide à l'exploitation du réseau	Formats hétérogènes entre fournisseurs, données parfois manquantes	Généralement gratuit Nécessite parfois la mise en place d'une convention de réutilisation des données avec l'autorité organisatrice
Bases de données commerciales (voir par ex. étude P pour le transport aérien)	Assez bonne qualité de la donnée, données parfois manquantes Données documentées Mise à jour régulière	Payant
Ressaisie de l'offre à partir des données trouvées sur un site Internet d'information voyageurs	Long, risque d'erreurs, à n'utiliser qu'en dernier recours...	Gratuit

Tableau 10 : Principales sources de données d'offre de transport collectif

Un travail d'extrapolation des grilles horaires en projection pour les projets de transports collectifs peut se révéler nécessaire pour la construction de scénarios d'évolution de l'offre. Ce travail a, par exemple, été réalisé dans l'étude C pour représenter les gains de temps sur une future ligne à grande vitesse. Sur des réseaux plus maillés, la définition d'une grille horaire en situation future s'avère toutefois extrêmement complexe, les contraintes d'exploitation reposant sur la grille horaire n'étant pas maîtrisées par les producteurs de l'étude d'accessibilité.

Certains producteurs d'études ne souhaitant pas mettre en œuvre un outil de calcul d'accessibilité en interne se déclarent intéressés par une mise à disposition par les AOT ou par les exploitants de matrices de temps de parcours d'arrêt à arrêt sur leur réseau.

D'autres, à l'inverse, mentionnent leur souhait de disposer de données plus complètes et décrivant la régularité des transports collectifs, car les horaires théoriques ne sont pas toujours respectés, notamment en cas de congestion insuffisamment prise en compte par la grille horaire. Ces données sont toutefois très rarement disponibles.

En dépit des difficultés constatées, l'Open Data se répand progressivement⁷. Les contrats entre les AOT et les exploitants des réseaux de transport collectif incluent de plus en plus fréquemment un volet sur la mise à disposition de données. En mars 2015, un comité national a également remis au secrétaire d'État aux transports un ensemble de recommandations visant à plus d'ouverture des données « transport ». On peut donc espérer pour les années à venir une plus grande facilité d'accès et d'utilisation des données d'offre de transport collectif à

7 - Un panorama des données « transport » ouvertes est disponible dans l'ouvrage du Cerema *L'Open Data en collectivité à la lumière des données de mobilité* : www.certu-catalogue.fr/open-data-en-collectivite-a-la-lumiere-des-donnees-de-mobilite.html

des fins d'études.

Capitalisation des données

Dans le cadre de l'étude E, des conventions ont été établies entre la maîtrise d'ouvrage de l'étude et les Autorités Organisatrices de Transports (AOT) sur le périmètre concerné afin d'accéder aux données d'offre de transport collectif. Toutefois, ces conventions n'ont pas été établies uniquement pour un accès ponctuel mais aussi pour garantir une mise à jour annuelle de ces données et la possibilité de les réutiliser dans le cadre d'autres études, par le maître d'ouvrage ou par n'importe quel autre partenaire public qui en ferait la demande. Cette étude a donc été l'occasion de constituer une base de données unifiée des offres de transport collectif de l'aire métropolitaine lilloise, puis de l'ensemble de la région par la suite, disponible pour réaliser de futures études.

Le travail d'uniformisation des données n'est pas à faire lorsqu'une centrale de mobilité agrège déjà sur le territoire d'étude les données d'offres des différents réseaux. Les AOT fournissant les données à la centrale de mobilité restent toutefois généralement propriétaires de leurs données, et cela ne dispense donc pas de faire une demande de réutilisation à chacune d'elles avant de pouvoir exploiter celles-ci.

Les données d'offre de transport ne sont pas toujours conservées sur le long terme par les AOT, les exploitants des réseaux ou les gestionnaires des sites d'information voyageurs. Il est donc nécessaire, pour réaliser des études nécessitant d'observer l'évolution des réseaux, d'archiver les données annuellement. Le producteur d'études veillera alors à ce que les droits de réutilisation de ces données restent valables à long terme.

Gestion des formats, vérifications de cohérence et correction des données

En France, les données d'offre théorique de transport collectif sont de plus en plus couramment fournies dans les formats Neptune⁸ ou GTFS⁹, en lien avec le développement de l'Open Data. Toutefois, dans de nombreux cas encore, le format des données fournies n'est pas standardisé et résulte soit d'une extraction dans un format propre au logiciel d'aide à l'exploitation du réseau de transport collectif, soit de tableurs ou de fichiers PDF recensant l'offre horaire dans des formats hétérogènes.

Des erreurs sont fréquemment constatées par les producteurs d'études dans les jeux de données qui sont mis à leur disposition. Ils relatent notamment les problèmes suivants :

- présence de doublons dans les arrêts de transport collectif et donc généralement dans l'offre horaire associée (en particulier lorsqu'un arrêt est exploité par plusieurs réseaux) ;
- erreurs de codage des horaires (bus dont la vitesse est trop forte ou négative...).

Des outils de validation de données, adaptés au format GTFS et au format Neptune (voir tableau 11), permettent de détecter certaines erreurs dans les jeux de données (vitesses trop importantes, arrêts sans desserte associée, desserte associée à un identifiant d'arrêt absent de la table des arrêts...). Selon les outils, les rapports d'erreurs sont plus ou moins détaillés et explicites. Les corrections doivent être apportées manuellement. À l'heure actuelle, il n'existe pas à notre connaissance d'outil proposant de mesures de correction automatique ou semi-automatique de ces incohérences (suppression des services liés à un arrêt présent en doublon par exemple).

Les producteurs d'études mentionnent dans leur grande majorité leur souhait de voir s'étendre la disponibilité des données d'offre de transport collectif (incluant les horaires) mises en forme selon des formats standards et soulignent leur intérêt pour le format GTFS en raison de sa portabilité et de sa plus grande facilité d'exploitation et de retraitement (format texte facilement lisible). Ceux qui utilisent un modèle de déplacements seraient intéressés par des interfaces permettant une conversion du format GTFS ou Neptune vers le format d'entrée de leur logiciel, cette interface n'étant pas systématiquement disponible dans l'offre actuelle.

La norme IFOPT¹⁰ permet de décrire les points d'arrêt de transport collectif ainsi que les stations ayant une structure complexe (stations de métro, gares ferroviaires, pôles d'échanges...). Ces données sont rarement utilisées

8 - <http://www.normes-donnees-tc.org/category/neptune/>, consulté le 05/01/2014

9 - <http://www.normes-donnees-tc.org/category/gtfs/>, consulté le 05/01/2014

10 - <http://www.normes-donnees-tc.org/category/ifopt/>, consulté le 05/01/2014

en pratique (elles ne sont utilisées dans aucune des études recensées dans le cadre de ce travail), faute de disponibilité. Par conséquent, la structure interne des stations complexes (nombre d'escaliers à parcourir, présence d'ascenseurs, temps de parcours entre quais, etc.) n'est généralement pas prise en compte, ou bien de façon très partielle, pour calculer les coûts généralisés dans le cadre des études d'accessibilité. Un seul des outils logiciels considéré dans ce travail permet l'importation automatisée de données au format IFOPT (voir tableau 11).

Dans le cas multimodal, le réseau routier et le réseau de transport collectif sont généralement issus de producteurs de données différents et doivent être connectés. Il est rare que cette opération puisse être effectuée de manière complètement automatique. Des vérifications et des corrections manuelles s'imposent pour certains cas particuliers. Le « calage » du tracé des lignes de bus sur le réseau routier peut également être nécessaire pour la cartographie.

Logiciels	Formats acceptés en entrée	Validation et correction de données	Facilité de prise en main
<i>BD Fer</i> (voir annexe B, a)	Données <i>RIHO</i> (CD d'horaires SNCF)	Non	Installation automatisée
<i>Chouette</i> (voir annexe B, b)	<i>Neptune</i> , <i>NeTeX</i> et <i>GTFS</i> , conversion <i>Neptune</i> ↔ <i>GTFS</i> possible	Qualification des données d'offre TC et détection des incohérences.	Installation assez complexe (architecture client-serveur), documentée pour Linux uniquement. Utilisation possible en ligne sur un serveur mis à disposition par les concepteurs.
<i>Google Transit Feed Validator</i> (voir annexe B, c)	<i>GTFS</i>	Détection des incohérences dans un jeu de données	Rien à installer, simple téléchargement d'un outil compilé sous Windows. Rapport décrivant les erreurs trouvées sous forme d'une page html.
<i>MobiAnalyst</i> (voir annexe B, e)	<i>GTFS</i> , <i>Neptune</i> , <i>IFOPT</i> , <i>NeTeX</i> et <i>Rapido</i> Interfaçage avec les outils de modélisation (<i>Cube</i> , <i>Visum</i> , <i>EMME</i>) pour récupérer des temps de parcours résultats d'affectation.	Non	Installation automatisée Windows
<i>Musliw</i> (voir annexe B, f)	<i>GTFS</i> , <i>Neptune</i> ou base de données « <i>Chouette</i> »	Non	Installation automatisée
<i>OpenTrip Planner</i> (voir annexe B, g)	<i>GTFS</i>	Non	Documentation (Github) Linux ou Mac Utilisation en ligne de commande
<i>Tempus</i> (voir annexe B, i)	<i>GTFS</i>	Non	Installation automatisée, compatible avec Linux Windows Utilisation en ligne de commande, traitements par lots possibles
<i>TransCAD</i> (voir annexe B, j)	Formats <i>TRANPLAN</i> , <i>MINUTP</i> , <i>TP+</i> , <i>GTFS</i> Interfaçage avec d'autres outils de modélisation (<i>TRIPS</i> , <i>EMME</i>) Les données SNCF <i>RIHO</i> peuvent être exportées au format <i>TransCAD</i> grâce à l'outil <i>BDFer</i> .	Détection automatique d'erreurs de connectivité du réseau	Installation automatisée Windows
<i>Visum</i> (voir annexe B, k)	Formats <i>GTFS</i> , <i>HAFAS</i> , <i>railML</i> , <i>DIVA</i> , <i>VDV452</i> et <i>Microbus</i>	Module de vérification du réseau	Installation automatisée Windows

Tableau 11 : Performances des logiciels en termes de chargement et de traitement automatisé des données de transport collectif

3.1.3 Données socio-économiques et d'occupation des sols

Sources de données

Des données socio-économiques et éventuellement des données complémentaires d'occupation des sols sont utilisées pour considérer la population et les opportunités d'un territoire dans le calcul des indicateurs d'accessibilité, directement ou au travers d'un modèle de déplacements. Ces données sont issues de différentes sources :

- l'INSEE : population à l'IRIS ou sur un carroyage à 200 mètres ou 1 km, FiLoCom (Fichiers des logements

à l'échelle communale), données SIRENE (Répertoire national des entreprises et des établissements), données CLAP (données sur l'emploi salarié localisées au lieu de travail au niveau communal), DADS (Déclaration annuelle des données sociales), BPE (Base permanente des équipements)... ;

- l'IGN : BD Topo, BD Carto, BD Parcellaire... ;
- la direction générale des Impôts : base de données cadastrale MAJIC (Mise À Jour des Informations Cadastrales)... ;
- les bases de données commerciales ;
- les données produites en interne aux structures du maître d'ouvrage ou du producteur d'études : par exemple une base des équipements, des zones touristiques, des informations sur les individus qui fréquentent un équipement ou un site particulier...

Lorsqu'elles sont obtenues à un niveau trop agrégé ou sur un zonage insatisfaisant, des stratégies de désagrégation ou de lissage sont parfois utilisées. Par exemple :

- utilisation de données d'occupation du sol pour désagréger les données de population sur un zonage plus fin que l'IRIS, afin de tenir compte des densités d'habitat dans l'étude A1 ;
- calcul de la densité de logements par la méthode des noyaux proposée par le Certu [56] dans l'étude K.

Manques identifiés

Les entretiens avec les producteurs et maîtres d'ouvrage d'études ont permis d'identifier leur souhait de disposer de données actualisées plus régulièrement, ainsi que d'accéder à des données plus précises sur l'emploi, notamment des emplois géolocalisés, et sur les équipements et opportunités du territoire : commerces, médecins, crèches, écoles, équipements culturels, etc. La Base Permanente des Équipements (BPE) de l'INSEE semble pouvoir répondre au moins en partie aux besoins de données sur les opportunités et équipements du territoire, bien que pouvant nécessiter un recueil complémentaire de la part du producteur d'études pour en améliorer la précision locale.

3.1.4 Autres données

Des données complémentaires sur l'offre de transport sont parfois utilisées, comme l'offre de vélos ou voitures en libre-service ou encore les aires de covoiturage. Ces données géolocalisées peuvent être obtenues auprès du gestionnaire, à partir d'extraction des données d'OpenStreetMap (lorsque l'information est renseignée) ou ressaisies à partir d'un site internet d'information des usagers.

Enfin, des données de demande de déplacements sont parfois utilisées soit par l'intermédiaire d'un modèle de déplacements, soit au travers d'une analyse directe : par exemple, l'analyse de l'enquête ménages-déplacements pour comparer l'accessibilité (le « potentiel » de déplacements) avec la réalité des déplacements effectués par les habitants dans l'étude U.

3.1.5 Synthèse

Les données nécessaires pour mener à bien les études d'accessibilité sont parfois détenues en interne par les structures productrices d'études. Dans d'autres cas, elles sont achetées, obtenues gratuitement par Internet (Open Data) ou sur demande auprès des partenaires institutionnels qui les produisent. Des conventions sont parfois passées pour permettre la réutilisation de ces données, soit ponctuellement (pour une étude particulière), soit dans la durée. Des mises à disposition plus informelles ont également lieu dans certains cas.

Quelle que soit la nature des données, le producteur d'études doit veiller à ce que leur utilisation se fasse dans un cadre prévu par la convention de mise à disposition ou la licence associée (licence ODBL¹¹ ou licence ouverte Etalab¹² qui s'appliquent aux données ouvertes et licences spécifiques aux fournisseurs pour les données commerciales).

Plusieurs maîtres d'ouvrage mentionnent un manque de lisibilité des données disponibles sur leur territoire et des

11 - <http://opendatacommons.org/licenses/odbl/> et http://fr.wikipedia.org/wiki/Open_Database_License [consultés le 29/01/2015]

12 - <https://www.etalab.gouv.fr/licence-ouverte-open-licence> [consulté le 29/01/2015]

modalités d'accès à ces données, ainsi qu'une difficulté pour la mise à jour des données utilisées dans le cadre d'observatoires de la mobilité, liée à la non-pérennité de certaines sources de données commerciales.

La mise en forme des données peut être particulièrement chronophage si aucune procédure automatisée n'est mise en œuvre. Une procédure automatisée ne sera toutefois complètement efficace que si les formats des données auxquelles les producteurs d'études accèdent sont stables au cours du temps. Ce point est très souvent cité comme une difficulté, un des producteurs d'études interrogé ayant cherché à s'en affranchir en interrogeant directement un site d'information voyageurs, plutôt qu'en réutilisant les données qui l'alimentent (voir étude A1).

Dans le cas où le calcul d'accessibilité est effectué à partir d'un modèle de déplacement, le travail d'obtention et de mise en forme des données d'offre de transport est réalisé au moment de l'élaboration du modèle qui constitue alors une base de données de référence de l'offre de transport. Cette méthode induit toutefois une dépendance du calcul d'accessibilité aux mises à jour du modèle, qui sont généralement des opérations lourdes et peu fréquentes.

L'offre d'outils permettant l'importation automatisée de données dans des formats standards est encore débutante. Certains producteurs d'études ont dû ressaisir l'offre partiellement ou totalement, soit parce qu'ils ne disposaient pas de données dans un format standard, soit parce que l'outil de calcul d'itinéraires utilisé ne permettait pas l'importation automatisée des données. Parfois, des solutions de traitement de données personnalisées ont été développées à l'aide d'un langage de script (SQL, R, Python, langage de script associé à un tableur...) pour permettre la mise en forme des données dans un format compris par le calculateur (par ex. étude E).

3.2 Calcul d'itinéraires

Le calcul d'itinéraires constitue le cœur de la procédure de calcul d'accessibilité. Il peut être réalisé à l'aide de logiciels d'affectation dédiés à la modélisation des déplacements, d'outils spécifiquement dédiés au calcul d'itinéraires ou de sites internet d'information voyageurs et de leurs outils de calcul associés¹³.

3.2.1 Besoins des utilisateurs

Pour le calcul d'itinéraires, les besoins des utilisateurs identifiés lors des entretiens portent sur la possibilité de :

- paramétrer finement les temps de parcours et les contraintes de circulation (mouvements interdits, sens de circulation...) pour chacun des modes ;
- pouvoir maîtriser la manière dont la multimodalité est prise en considération ;
- pouvoir comprendre et paramétrer l'algorithme de calcul d'itinéraire utilisé.

La possibilité d'un paramétrage avancé du calcul, voire de modification des mécanismes algorithmiques, ne doit toutefois pas rendre le logiciel inutilisable par un débutant ou un utilisateur souhaitant réaliser rapidement une analyse simple. Des solutions « par défaut », faciles à mettre en œuvre, doivent être proposées à l'utilisateur pour tous les paramètres et algorithmes utilisés.

Sur le plan de l'ergonomie de l'outil, la possibilité de traiter par lots des volumes importants de requêtes d'itinéraires est une fonctionnalité centrale pour les analyses d'accessibilité. En effet, la construction de certains indicateurs peut nécessiter le calcul et l'analyse de centaines, voire de milliers d'itinéraires dans un réseau de transport. En parallèle, une interface graphique doit permettre de lancer facilement des requêtes unitaires.

3.2.2 Réponses apportées par les logiciels

Représentation des réseaux et des temps de parcours

La représentation des réseaux de transport est généralement peu paramétrable dans les outils. Dans les outils propriétaires, il est difficile de savoir comment est construit le graphe représentant le réseau de transport. Ce point peut poser problème, certaines représentations particulièrement agrégées ou simplifiées pouvant conduire à des approximations dans les résultats du calcul d'itinéraire, en particulier lorsqu'il s'agit de représenter des itinéraires multimodaux.

La définition des temps de parcours est faite à partir de la distance parcourue et d'une vitesse moyenne de déplacement, généralement paramétrable par tronçon (pour le mode automobile) ou pour l'ensemble des arcs (pour les modes doux). Pour les modes doux, les outils examinés ne permettent pas d'intégrer le dénivelé des sections routières dans le calcul du temps de parcours, si ce n'est en modifiant artificiellement la longueur de la section au moyen d'un coefficient à définir par l'utilisateur.

La distance parcourue peut être calculée selon le réseau de voirie ou encore à vol d'oiseau sur des arcs de rabattement. La vitesse de déplacement et la vitesse de rabattement peuvent être paramétrées séparément, la vitesse de rabattement devant être plus faible que la vitesse de déplacement pour le même mode. On considère généralement la vitesse constante sur la période étudiée. Certains logiciels permettent toutefois de définir des variations de la vitesse des véhicules sur la période étudiée au moyen d'une fonction constante par périodes.

13 - Dans le cas des centrales de mobilité alimentant un site internet avec de l'information sur plusieurs réseaux de transport sur un même territoire, des applications *back-office* sont fréquemment mises en place en vue de réaliser des analyses sur les réseaux et notamment des calculs d'accessibilité. Les producteurs d'études interrogés nous ont toutefois signalé que ces applications n'étaient pas exploitables sur leur territoire en raison de leurs très faibles possibilités de paramétrage et de l'impossibilité de basculer les résultats calculés dans une application externe (SIG par exemple) pour réaliser d'autres traitements que ceux directement permis par l'application.

Certains logiciels permettent de définir des pénalités sur les mouvements tournants sur le réseau routier, généralement au moyen d'une séquence de deux sections de route soumise à un temps de parcours ou à un coût supplémentaire : cela permet de représenter des mouvements tournants interdits ou encore des temps différenciés pour la traversée du carrefour selon la direction prise. Les mouvements tournants plus complexes décrits par des séquences de plus de deux sections de routes consécutives (voir par ex. illustration 21) ne sont pas pris en compte par les logiciels examinés, à une exception près.

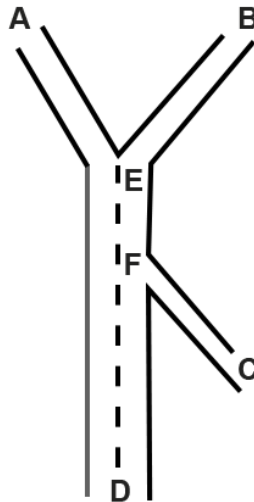


Illustration 21 : Entrecroisement autoroutier avec mouvement interdit à description complexe : C-F-E-A est interdit alors que D-F-E-A et C-F-E-B sont autorisés, source [67]

Logiciel	Représentation des temps de parcours en transports collectifs	Représentation des temps de parcours en voiture	Représentation du temps de parcours des modes actifs	Représentation des contraintes sur les mouvements tournants
MapNod (voir annexe B, d)	Horaires (génération à la volée dans l'algorithme)	Statique	Paramétrage d'une vitesse moyenne par mode	Non
MobiAnalyst (voir annexe B, e)	Horaires ou fréquences	Statique ou dynamique (vitesse constante par morceaux sur la période considérée) Pas de temps de recherche de stationnement	Paramétrage d'une vitesse moyenne par mode	Non
Musliw + réseaux.mbx (voir annexe B, f)	Horaires uniquement Intégration d'un calendrier d'offre	Statique ou dynamique (vitesse constante par morceaux sur la période considérée) Temps de recherche de stationnement : pénalité au changement du mode VP vers un autre	Paramétrage d'une vitesse moyenne par mode	Contraintes ou pénalités de temps de parcours sur des mouvements à description simple (2 arcs consécutifs).
OpenTrip Planner (voir annexe B, g)	Horaires ou fréquences	Statique	Paramétrage d'une vitesse moyenne par mode Prise en compte possible du relief (automatique pour le format américain : National Elevation Dataset)	Interdictions sur des mouvements à description complexe (2 ou 3 arcs consécutifs).
Tempus (voir annexe B, i)	Horaires ou fréquences Intégration d'un calendrier d'offre	Statique ou dynamique (vitesse constante par morceaux sur la période considérée) Temps de recherche de stationnement : pénalité au changement du mode VP vers un autre mode	Paramétrage d'une vitesse moyenne par mode Calcul du dénivelé par itinéraire possible mais pas intégré dans l'estimation du temps de parcours	Interdictions ou pénalités de temps de parcours sur des mouvements à description complexe (2 arcs consécutifs et plus).

Logiciel	Représentation des temps de parcours en transports collectifs	Représentation des temps de parcours en voiture	Représentation du temps de parcours des modes actifs	Représentation des contraintes sur les mouvements tournants
TransCAD (voir annexe B, j)	Fréquences uniquement	Statique : Le temps de parcours peut être un temps à vide ou un temps en charge issus des affectations Temps de recherche de stationnement : pénalité possible au changement du mode VP vers un autre mode	Vitesse moyenne par mode (peut être variable selon le type d'arc et modifié arc par arc)	Pénalités sur des mouvements à description simple (2 arcs consécutifs), à remplir manuellement ou automatiquement. Possibilité d'utiliser des courbes temps/débit spécifiques pour les franchissements de carrefour (prise en compte du phasage des feux ou des mouvements gênants).
Visum (voir annexe B, k)	Horaires ou fréquences	Statique : Le temps de parcours peut être un temps à vide ou un temps en charge issus des affectations	Vitesse moyenne par mode (peut être variable selon le type d'arc et modifié arc par arc)	Pénalités sur des mouvements à description simple (2 arcs consécutifs), à remplir manuellement ou automatiquement.

Tableau 12 : Représentation des réseaux et des temps de parcours dans les outils de calcul d'itinéraires

Méthodes d'optimisation des itinéraires

Les algorithmes de calcul d'itinéraire implémentés dans les outils logiciels sont généralement des algorithmes standards proposant des solutions exactes pour le problème de plus court chemin (Dijkstra [57], Bellman [58] et variantes) et la plupart du temps, un seul algorithme est proposé. Le détail des algorithmes n'est pas toujours connu de l'utilisateur, induisant un fonctionnement en « boîte noire » que les producteurs d'études regrettent, puisqu'ils souhaiteraient pouvoir paramétrer les algorithmes existants ou utiliser d'autres algorithmes.

Quelques logiciels proposent toutefois une petite variété d'algorithmes (Dijkstra [57] et variantes, « *Graph Growth Algorithm* » à intervalles [59]) qui diffèrent soit par leurs performances, soit par leurs fonctionnalités (par exemple, par la prise en compte ou non de la multimodalité).

La prise en compte de la multimodalité est plus ou moins poussée selon les outils. Comme souligné dans [41] en 1999, les logiciels de modélisation des déplacements s'y prêtent mal, car :

- ils ont des représentations des réseaux et des procédures d'affectation séparées pour les transports individuels et collectifs ;
- la prise en compte des conditions de correspondance, de stationnement et des systèmes tarifaires (déterminants de l'intermodalité) est difficile voire impossible : notamment, le rabattement sur un arrêt ou un parc-relais est prédéfini pour chaque zone d'origine ou de destination du modèle, ce qui est une représentation limitante de la multimodalité.

L'utilisation de sites d'information voyageurs pour le calcul des itinéraires ne permet pas une représentation satisfaisante de la multimodalité, puisque les réseaux représentés dans ces systèmes sont généralement des réseaux de transport collectif avec une représentation du réseau routier pour la marche uniquement en rabattement.

Les outils orientés vers le calcul d'itinéraires comme MobiAnalyst, Musliw et Tempus permettent une représentation multimodale des réseaux et une réelle optimisation multimodale, sans a priori sur les lieux d'intermodalité, ni sur la combinaison modale de l'itinéraire.

Le critère d'optimisation de l'itinéraire est plus ou moins paramétrable selon les logiciels : certains sont complètement verrouillés sur ce point et ne permettent de considérer que des temps de parcours simples ou des distances, d'autres permettent de considérer un temps généralisé dont les composantes sont paramétrables, les plus souples intègrent d'autres dimensions que le temps et la distance et les agrègent dans un coût généralisé.

Remarque : Les outils « open source » permettent de modifier le coût généralisé et le paramétrage des algorithmes de calcul d'itinéraires, voire de redéfinir complètement ses propres algorithmes pour les utilisateurs les plus avertis. Ce second point nécessite toutefois un investissement important : bonne connaissance du langage de programmation utilisé et appropriation de la logique de développement du projet.

Logiciel	Représentation du temps généralisé	Définition du coût généralisé	Paramétrage de la multimodalité	Algorithme d'optimisation d'itinéraire
<i>MapNod</i> (voir annexe B, d)	Pas de pondération des composantes du temps de parcours	Temps de parcours uniquement	Optimisation mode par mode (réseau routier ou réseau à horaires)	Dijkstra, Floyd
<i>MobiAnalyst</i> (voir annexe B, e)	Pas de pondération des composantes du temps de parcours	Distance ou temps uniquement	Optimisation multimodale complète	Algorithme « propriétaire » dérivé de Dijkstra.
<i>Musliw + réseaux.mbx</i> (voir annexe B, f)	Représentation des pénalités de changement de mode Pondération des temps de parcours par type de réseau/mode de transport	Temps de parcours uniquement	Optimisation multimodale complète	« Graph growth algorithm » à intervalles, Dijkstra à intervalles
<i>OpenTrip Planner</i> (voir annexe B, g)	Pas de pondération des composantes du temps de parcours	Temps de parcours uniquement	Le calcul se fait pour une combinaison de modes prédéfinie	A*, Contraction hierarchy
<i>Tempus</i> (voir annexe B, i)	Représentation des pénalités de changement de mode Pondération des temps de parcours par type de réseau/mode de transport	Temps de parcours uniquement	Optimisation multimodale complète	Dijkstra, A* et variantes
<i>TransCAD</i> (voir annexe B, j)	Possibilité de pondérer les temps	Coût généralisé paramétrable	Optimisation mode par mode (possibilité de coder des parcs-relais mais que dans un sens : origine – P + R – arrêt TC – arrêt TC – destination).	Algorithmes d'affectation VP (à l'équilibre, variante pseudo-stochastique) et TC (stratégie optimale, pathfinder)
<i>Visum</i> (voir annexe B, k)	Possibilité de pondérer les temps	Coût généralisé paramétrable	Optimisation mode par mode (possibilité de coder des parcs-relais, la combinaison VP – P+R – TC est alors une nouvelle combinaison modale).	Algorithmes d'affectation VP (à l'équilibre, variantes stochastiques, variante avec Analyse de Capacité d'Intersection, TRIBUT) et TC (affectation en tout ou rien sur un réseau statique ne prenant pas en compte les temps de correspondance, affectation selon la cadence ou affectation selon les horaires).

Tableau 13 : Méthodes d'optimisation utilisées par les outils de calcul d'itinéraires et paramétrages possibles

Performances et limites d'utilisation

Nous ne disposons pas d'informations complètes sur les temps de calcul des logiciels. Aucune évaluation de cette dimension n'a été effectuée dans le cadre de ce travail. Les informations ont uniquement été recherchées auprès des producteurs d'études. On sait par exemple que l'interrogation des sites d'information voyageurs au moyen d'un script client a pris entre 4 et 17 heures par isochrone réalisée sur l'agglomération lyonnaise et la région urbaine de Lyon respectivement (voir étude A1) et qu'un calcul d'accessibilité sur un carroyage de taille 700 x 700 zones prend une demi-journée environ dans le projet MOSART, le calcul d'itinéraires étant basé sur le logiciel Visum (voir étude R). On voit donc que les temps de calcul peuvent être une dimension limitante, notamment lorsque l'on souhaite étudier des territoires larges avec des zonages fins ou étudier une multitude de scénarios.

Le temps de calcul et la quantité de mémoire vive nécessaires peuvent donc représenter des limites d'usage des logiciels sur certains réseaux. Par ailleurs, les logiciels de modélisation des déplacements sont parfois « bridés » sur le nombre de zones d'origines et de destinations ou sur le nombre de nœuds et d'arcs qu'il est possible d'utiliser. Cette limitation est souvent liée au type de licence dont on dispose, une limitation pouvant rester présente même avec la licence de coût maximal.

La plupart des logiciels permettent un traitement par lots des requêtes d'itinéraires ; cet aspect est crucial étant donné le nombre potentiellement important de requêtes à lancer pour construire un indicateur.

Logiciel	Limites d'utilisation
<i>MapNod</i> (voir annexe B, d)	Usage limité à 800 nœuds et 10 000 arcs.
<i>MobiAnalyst</i> (voir annexe B, e)	Des réseaux de plusieurs millions d'arcs ont pu être chargés. Traitements par lots, sauvegarde des résultats et comparaisons possibles. Interrogation possible depuis un module graphique intégré à ArcGIS.
<i>Musliw + réseaux.mbx</i> (voir annexe B, f)	Des réseaux de plusieurs millions d'arcs ont pu être chargés. Traitements par lots. Interface graphique simple pour définir les paramètres des calculs.
<i>OpenTripPlanner</i> (voir annexe B, g)	Taille de réseau : agglomération marseillaise OK, Île-de-France difficile. Utilisation possible via un serveur web local. Traitements par lots possibles.
<i>Tempus</i> (voir annexe B, i)	Des réseaux de plusieurs millions d'arcs ont pu être chargés. Traitements par lots (Python), sauvegarde des résultats et comparaisons possibles. Interrogation du calculateur via un <i>plugin</i> graphique de QGIS (interface plus conviviale).
<i>TransCAD</i> (voir annexe B, j)	Pas de limite connue du logiciel dans les calculs (des exemples avec des réseaux de plusieurs centaines de milliers d'arcs, et des matrices 36 000 x 36 000).
<i>Visum</i> (voir annexe B, k)	Taille du réseau limitée par la licence.

Tableau 14 : Limites d'utilisation des outils de calcul d'itinéraires

3.3 Calcul des indicateurs d'accessibilité

3.3.1 Besoins des utilisateurs

Comme on l'a vu dans le paragraphe 2.1, les indicateurs d'accessibilité sont nombreux et variés par leur forme. L'utilisateur ne peut donc attendre d'un outil d'être capable de calculer par quelques clics tous les indicateurs, d'autant plus que ceux-ci peuvent être déclinés à l'infini selon les différents paramétrages et agrégations des résultats envisagés. L'utilisateur souhaite donc avant tout que l'outil logiciel lui permette de définir et de paramétrer ses propres indicateurs. Dans ce but, l'interfaçage du calculateur d'itinéraires avec des outils statistiques ou des systèmes de gestion de bases de données permettant l'usage d'un langage de requêtes sur les données est particulièrement intéressant.

En complément, il reste utile que les outils réalisant le calcul d'itinéraires proposent un calcul convivial d'indicateurs simples (temps de parcours zone à zone, distances, indicateur gravitaire simple) à destination d'utilisateurs peu expérimentés ou souhaitant une mise en œuvre rapide et facilitée d'une analyse d'accessibilité.

3.3.2 Réponses apportées par les logiciels

Les outils actuels permettent essentiellement de calculer des indicateurs simples (distance, temps de parcours, nombre de correspondances...) à partir des itinéraires calculés et de les agréger spatialement et temporellement pour former des isochrones. Celles-ci peuvent être présentées seules ou croisées avec une couche SIG représentant des données territoriales (population, emploi...), selon un zonage prédéfini.

Il est possible et très souvent nécessaire d'utiliser d'autres outils pour calculer soi-même des indicateurs différents (tableur comme Calc ou Excel, ou encore langages de script éventuellement intégrés à un outil de calcul statistique : R, SAS, Python, SQL...). La taille des fichiers générés en sortie des outils de calcul d'itinéraires peut parfois être un obstacle pour leur ouverture et leur traitement avec des outils bureautiques classiques (tableur, éditeur de texte ou SIG). Dans ce cas, l'utilisation de scripts de traitement des données sera incontournable.

Logiciel	Données de sorties
<i>MapNod</i> (voir annexe B, d)	Tableur avec une valeur par nœud (qui peut être exporté en parallèle avec un export au format .dxf du fichier des nœuds pour cartographier le résultat).
<i>MobiAnalyst</i> (voir annexe B, e)	Résultats statistiques (table attributaire) et SIG (export en shapefile/GDB/Mif-Mid/Kml et autres formats SIG). Temps de parcours, distance parcourue, émission de CO ₂ , temps d'attente pour les TC, pour l'itinéraire global ou par mode utilisé. Pour les isochrones, surface accessible par seuil et par mode.
<i>Musliw + reseaux.mbx</i> (voir annexe B, f)	Fichiers texte avec différents niveaux de détail possibles : par arc, par mouvement tournant, par itinéraire, par service horaire... Données compatibles avec l'outil <i>reseaux.mbx</i> pour leur visualisation sous MapInfo. Fichier log rappelant le réseau utilisé et les requêtes lancées.
<i>OpenTripPlanner</i> (voir annexe B, g)	Données tableurs ou SIG.
<i>Tempus</i> (voir annexe B, i)	Base de données stockant la feuille de route de chaque itinéraire, le tracé SIG et les paramètres de la requête. Fichier texte avec performance des algorithmes en termes de temps de calcul. Fichier log (caractéristiques du réseau, nombre d'itérations de l'algorithme...).
<i>TransCAD</i> (voir annexe B, j)	Caractéristiques de l'offre TC par OD sous forme de matrices (avec distinction des attributs, par ex. les différentes composantes du temps), qui peuvent être exportées ensuite dans un tableur.
<i>Visum</i> (voir annexe B, k)	Résultats statistiques (table attributaire avec une valeur par destination pour chaque mode) et cartographiques (export SIG possible).

Tableau 15 : Données obtenues en sortie des logiciels de calcul d'itinéraires

3.4 Représentations graphiques et cartographiques

3.4.1 Besoins des utilisateurs

À partir des valeurs des indicateurs d'accessibilité, on peut souhaiter réaliser deux types principaux de cartographies :

- simple analyse thématique de l'indicateur sur un zonage prédéfini ;
- mise en œuvre d'une procédure de « krigeage » pour l'estimation d'un zonage optimal à partir des résultats obtenus au niveau des nœuds.

Des cartographies plus sophistiquées peuvent être recherchées (par ex. anamorphoses). Toutefois, ces représentations restent extrêmement rarement utilisées.

3.4.2 Réponses apportées par les logiciels

La représentation cartographique de l'accessibilité peut être réalisée au moyen d'outils greffés sur les SIG, bénéficiant donc de la palette des fonctionnalités natives des SIG. Des modules ont été spécifiquement développés pour la représentation de l'accessibilité avec les principaux logiciels SIG (voir tableau 16). Lorsqu'on cherche à représenter les indicateurs à partir d'un zonage prédéfini dans un SIG, une simple analyse thématique (fonctionnalité native des SIG) est satisfaisante. Les cartographies plus spécifiques permises par les modules additionnels vont de la représentation isolée d'un itinéraire calculé à des procédures de « krigeage » pour la représentation des indicateurs d'accessibilité calculés au niveau des nœuds et des arcs. Lorsque la fonctionnalité de « krigeage » est proposée, la grille d'interpolation peut être paramétrée en vue de générer des contours isovaleurs ou des rasters.

Les outils de modélisation des déplacements permettent généralement le tracé d'isochrones assez frustes. Les résultats peuvent alors nécessiter un traitement extérieur, au moyen d'un SIG. De la même manière, les fonctionnalités « back office » des systèmes d'information usagers comprennent fréquemment une fonction de cartographie d'indicateurs. Toutefois, ces outils sont généralement faiblement paramétrables et les représentations proposées très insuffisantes. Les exports de données vers un SIG ne sont de plus pas toujours possibles, ce qui les rend très limitants voire inutilisables pour les analyses d'accessibilité.

Les représentations graphiques sont à envisager à partir d'outils de type « tableurs » ou d'outils d'analyse statistique.

Logiciel	Fonctionnalités de cartographie
<i>MapNod</i> (voir annexe B, d)	Cartographie en relief d'espace-temps (module MAP).
<i>MobiAnalyst</i> (voir annexe B, e)	Intégration à ArcGIS. Symbolologie et mise en forme modifiables. Calcul d'isochrones paramétrable.
<i>Reseaux.mbx</i> (voir annexe B, f)	Intégration à MapInfo. Fonctionnalités avancées d'interpolation et de krigeage : génération de contours iso-valeurs ou de rasters à partir de valeurs associées à des objets ponctuels ou linéaires. Prise en compte possible de périmètres non traversables. Plusieurs algorithmes disponibles.
<i>OpenTrip Planner</i> (voir annexe B, g)	Application web locale interactive : tracé d'itinéraire ou d'isochrone.
<i>Tempus</i> (voir annexe B, i)	Intégration à QGIS. Cartographie d'itinéraires isolés uniquement.
<i>TransCAD</i> (voir annexe B, j)	Fonctionnalités propres comme la représentation graphique d'isochrones (SIG intégré, mais très simple sur la qualité de rendu). Possibilité d'export en shp ou tab pour une mise en forme plus aboutie en faisant un post-traitement sur un logiciel SIG plus adapté.
<i>Visum</i> (voir annexe B, k)	Représentation basique d'isochrones. Peu paramétrable.

Tableau 16 : Fonctionnalités cartographiques des logiciels

3.5 Constats et préconisations sur les logiciels

3.5.1 Points d'attention pour le choix des outils

Les constats aujourd'hui

L'état des lieux réalisé souligne la diversité des outils développés autour du calcul d'accessibilité. Toutefois, les besoins ne sont pas couverts de façon exhaustive par un même outil et les outils souffrent pour beaucoup d'un manque de possibilité de paramétrage. Par conséquent, il peut être nécessaire pour le producteur d'études de s'équiper et de se former sur plusieurs logiciels pour être en mesure de répondre à l'ensemble des commandes qu'il reçoit.

Selon les objectifs de l'étude à réaliser et les données disponibles, certains outils peuvent se révéler mieux adaptés que d'autres. Toutefois, les raisons avancées par les producteurs d'études expliquant le choix d'un outil pour une étude donnée sont avant tout historiques :

- connaissance antérieure de l'outil en raison d'une utilisation sur d'autres études et, pour les outils propriétaires, disponibilité de la licence ;
- développement d'un modèle de déplacement basé sur ce logiciel sur le territoire étudié ;
- développement de l'outil par un chargé d'études de la structure, ce qui permet de bénéficier d'une assistance et d'envisager en interne des développements supplémentaires pour satisfaire d'éventuels nouveaux besoins (notamment dans un contexte d'étude exploratoire ou de recherche).

Au-delà des raisons historiques, les motifs de choix les plus fréquemment évoqués par les producteurs d'études sont : la facilité de prise en main, la gratuité, les performances, les possibilités de paramétrage et d'interconnexion avec d'autres outils, le dynamisme du développement logiciel et, parfois, la possibilité de réutiliser des données de réseaux déjà mises en forme pour l'outil.

Le choix d'un logiciel dans une structure est donc souvent réalisé pour du moyen voire du long terme (plusieurs dizaines d'années). Il conditionne ensuite les méthodes qu'il sera possible de déployer. En effet, l'effort de formation et de mise en forme des données pour un outil est souvent très conséquent. De plus, la compatibilité doit être assurée avec les autres choix logiciels effectués dans la structure (système de gestion de bases de données, logiciel d'information géographique, logiciel de modélisation statique des déplacements...).

Préconisations

Le choix d'un logiciel ne peut être remis en question à chaque nouvelle commande d'étude. Il y a un fort enjeu à s'orienter vers des outils logiciels ayant les fonctionnalités les plus diversifiées possibles. Des aspects plus généraux sont également à considérer au moment du choix :

- la facilité de prise en main : l'ergonomie et l'existence d'une documentation et de sessions de formation sont la garantie d'une bonne appropriation de l'outil par les chargés d'études ;
- les possibilités d'évolution de l'outil : il faut évaluer la qualité et la modularité des développements, l'existence d'une communauté d'utilisateurs et le dynamisme du développement pour la correction d'erreurs et l'évolution des fonctionnalités (on note que certains logiciels utilisés par les producteurs d'études interrogés ont vu leur développement arrêté) ;
- la compatibilité : avec les différents systèmes d'exploitation et avec d'autres logiciels (capacité d'interfaçage, au travers de l'utilisation de formats d'échange standards) ;
- le coût d'acquisition et le type de licence.