

La mobilité et les usages du boulevard périphérique

Diagnostic des usages de mobilité dans différents
secteurs parisiens, par l'utilisation des données
GPS de téléphones mobiles

Consultation 2000931, Lot 2, 25 Octobre 2021

Version corrigée du 14/03/2022



Patterns

SOMMAIRE

Introduction	3
1. La mobilité du boulevard périphérique	5
1.1. Fréquentations du périphérique.....	5
1.2. Origines & Destinations des usagers.....	10
1.3. Diagnostic des usages routiers	13
1.4. Portrait des usagers du périphérique.....	17
2. Panel d'enquête	25
2.1. Sources des données.....	25
2.2. Caractéristiques des données GPS.....	32
2.3. Caractéristiques de données de comptage vidéo	35
2.4. Contrôles de cohérence	36
2.5. Conformité RGPD	46
3. Traitement des données	47
3.1. Modes de déplacements	47
3.2. Voiries empruntées	48
3.3. Motifs de déplacements	49
4. Définition des variables	52
4.1. Déplacement.....	52
4.2. Origine & Destination	52
4.3. Temps de déplacement.....	52
4.4. Distance de déplacement.....	53
4.5. Vitesse de déplacement.....	53
Conclusion de l'étude	55

INTRODUCTION

Infrastructure clairement délimitée et souvent décrite comme une fracture urbaine, connecteur très utilisé par des usagers en provenance ou à destination de territoires localisés dans toute l'Ile-de-France et au-delà, le boulevard périphérique parisien cristallise de nombreux débats.

Son devenir a fait l'objet en 2019 d'une Mission d'Information et d'Evaluation (MIE) du Conseil de Paris, qui a remis son rapport à la Maire de Paris en mai 2019 [Lien vers le rapport ici : <https://cdn.paris.fr/presse/2020/03/23/c3411551e9e007960f31040ef3fe632f.pdf>]. Quarante mesures y sont préconisées pour transformer à terme cette autoroute urbaine en boulevard urbain.

Préalable à tout projet d'évolution du boulevard périphérique, la connaissance fine des usages en interaction avec l'ensemble du territoire est indispensable. Dans un paysage de la mobilité qui évolue sans cesse, la Ville de Paris a souhaité **comprendre quels sont les usages du boulevard périphérique, comment, pourquoi et quand ses usagers s'y déplacent, qui sont-ils, quels modes de déplacement utilisent-ils, et quelle est la dynamique de leurs déplacements.**

En 2021, une consultation a été lancée par la Ville de Paris sur le diagnostic des usages de mobilité sur le boulevard périphérique par l'utilisation des données GPS de téléphonie mobile. Pour la Ville, ces données sont prometteuses pour appréhender globalement la mobilité des usagers d'un territoire [ici le boulevard périphérique], et ouvrent des perspectives intéressantes en matière d'analyse des déplacements.

Dans le cadre de cette **consultation innovante**, Kisio a mis à disposition un échantillon de données reflétant des comportements observés plutôt que déclarés, recomposés ou modélisés, afin d'avoir une vision d'ensemble objective sur les mobilités réelles. Les traces GPS permettent de connaître les véritables **origines et destinations** des utilisateurs du périphérique, avec la connaissance des **modes utilisés**, des **motifs de déplacements** et des **parcours porte-à-porte**. Cette connaissance de bout-en-bout des parcours des usagers qui fréquentent le boulevard périphérique est un atout essentiel pour réduire la pratique de l'autosolisme et favoriser le report modal. L'exploitation des comptages vidéo additionnels permet en outre d'affiner la connaissance des **modes détaillés** observés sur le boulevard périphérique : véhicules légers, utilitaires, deux-roues, poids-lourds, ...

L'analyse réalisée porte sur une période pré Covid sur la base de traces GPS relevées **entre le 1er février et le 8 mars 2020**. Des événements externes comme la crise sanitaire vécue depuis mars 2020 bouleversent les habitudes. L'analyse des traces GPS collectées **du 21 septembre au 30 octobre 2020** permet d'analyser la recombinaison des mobilités dans un contexte COVID.

La première partie de ce rapport présente **l'analyse détaillée de la mobilité** constatée sur le boulevard périphérique : **fréquentations** durant les deux périodes d'étude, **origines et destinations** des usagers, **caractéristiques des usages routiers** de l'infrastructure et **portrait des usagers** (récence, domiciliation). Les volumes de déplacements issus des traces GPS sont estimés à l'aide d'un **redressement statistique réalisé préalablement et basé sur des données démographiques** (voir partie 3.). L'ensemble des résultats présentés dans ce rapport sont accessibles à l'aide d'un tableau de bord en ligne : <https://www.lab.mobility-patterns.com/visiopulse/rapports/tableaux-de-bord/243>.

Les deuxième et troisième parties explicitent la nature des données brutes utilisées, les différents traitements et méthodes réalisés pour construire les indicateurs d'analyse, ainsi que les contrôles de cohérence réalisés pour cette étude. Enfin la dernière partie décrit les variables et indicateurs exploités.

1. LA MOBILITE DU BOULEVARD PERIPHERIQUE

1.1. Fréquentations du périphérique

1.1.1. Des usages qui varient selon les territoires

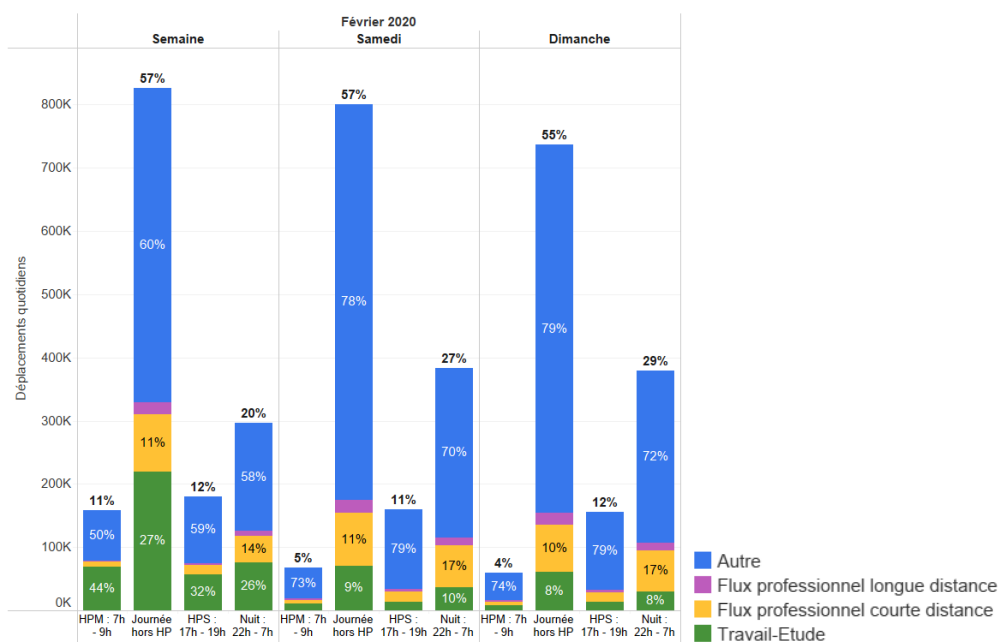
En Février 2020, avant la crise sanitaire, 10 millions de trajets sont réalisés chaque semaine sur le boulevard périphérique. En semaine, **29% de ses trajets seulement ont le motif « Travail/Etudes »** et **13% d'entre eux sont des flux « Professionnels » courte et longue distance**. Les 58% restants sont réalisés pour un motif de déplacement « Autres ».¹

Cette répartition des motifs varie significativement selon la zone d'origine ou de destination car **le motif « Travail/Etudes » prévaut pour presque 1/3 des trajets réalisés vers ou depuis la petite et grande couronnes** alors qu'il baisse à un peu moins d'1/4 des trajets en lien avec Paris ou avec l'extérieur de l'Ile-de-France.

La part des flux « Professionnels » qui fréquentent le périphérique est plus importante pour se rendre vers Paris, puis la petite couronne et enfin la grande couronne. Avec seulement 18 000 trajets par jour en moyenne (soit environ 1%), **très peu des trajets professionnels empruntent le périphérique ne proviennent pas de l'Ile-de-France**, et ils sont plus importants le samedi et le dimanche, en soirée.

1.1.2. Un périphérique très fréquenté toute la semaine

Distribution horaire et hebdomadaire des déplacements empruntant le boulevard périphérique (Février 2020)



¹ Les motifs distingués et la méthodologie associée sont explicités en partie 3.3

Durant le mois de Février 2020 et donc avant l'épidémie de COVID-19, nous estimons environ **1,46 millions de trajets empruntant le périphérique parisien durant un jour type de semaine**. Par rapport à la semaine, le nombre de trajet réalisés sur l'infrastructure diminue de 3% le samedi, et de 9% le dimanche.

Cette évolution de la fréquentation hebdomadaire varie cependant grandement selon la zone d'origine ou de destination du trajet.

Le volume global des trajets diminue légèrement le weekend, et cette **baisse est principalement attribuable à la baisse des trajets au motif « Travail/Études »** (entre -69 et -73%) et des trajets au motif « Professionnel » (entre -1,5 et -7%). Le nombre de trajets réalisés pour tout autre motif, comprenant les déplacements dits « loisirs », augmente le weekend de 20 à 25%. Il est remarquable que parmi ces trajets, les usagers en grande couronne et petite couronne se déplacent plus pendant la nuit que les usagers parisiens.

Les flux à motifs dit « Autres », c'est-à-dire à motif personnel, sont **plus importants le weekend, et notamment le samedi avec 1 million de trajets réalisés en moyenne**.

1.1.3. Des après-midis et soirées aussi fréquentés que la pointe du matin

Jour Semaine

Sans surprise, **plus d'1/3 des déplacements réalisés en semaine sur le périphérique sont réalisés durant les 4 heures de pointe** du matin et du soir. La pointe matin en semaine est maximale entre 8 et 9h avec une utilisation importante entre 7h et 10h. L'heure de pointe de soir est centrée sur le créneau 17-18h. **Une grande partie (44%) des trajets en heure de pointe ont pour motifs « Travail/Études »** et justifient les volumes observés durant les heures de pointe.

En journée, le trafic reste très dense et augmente de manière continue jusqu'au pic du soir. **Environ 1/3 des déplacements sont réalisés durant les six heures de milieu de journée entre 10h et 16h**.

Après l'heure de pointe du soir, le trafic connaît une baisse continue toute la soirée et la nuit. Le trafic est le moins dense entre 1h et 5h du matin en semaine.

Weekend

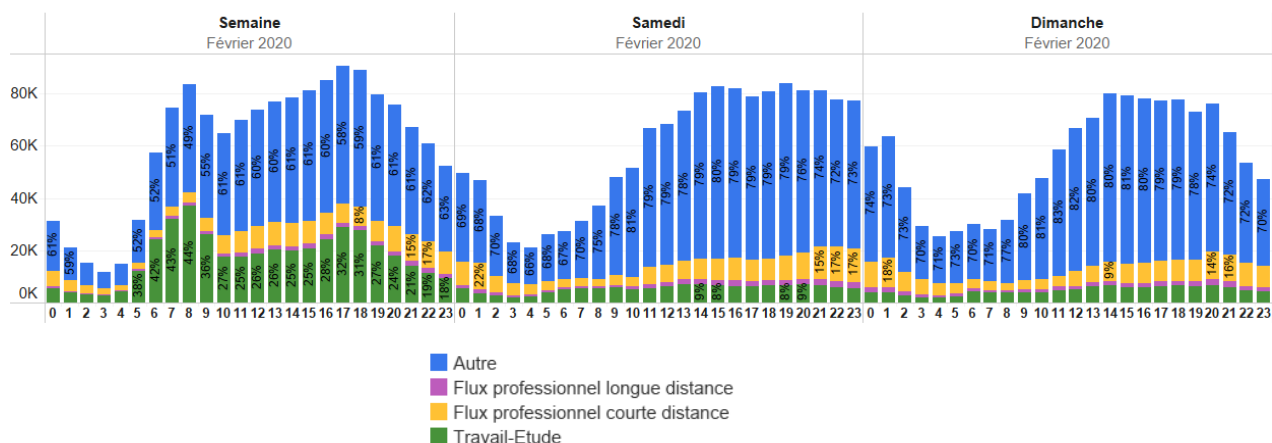
Le weekend, la pointe de trafic est principalement en journée 11h et 21h. Les heures les plus creuses sont entre 3h et 8h du matin.

Le samedi, le trafic reste important voire très dense en soirée et la nuit jusqu'à 3h du matin, avec **30% plus de trajets réalisés qu'en semaine**. Comparé à un jour semaine, les volumes de déplacements sont comparables en journée. **La soirée du samedi est plus la plus fréquentée de la semaine, à hauteur de +43% de fréquentation**.

De la même manière, le dimanche connaît des volumes de déplacements comparables en journée avec seulement 11% de trajets en moins par rapport à une journée de semaine. En soirée, le trafic est comparable à une soirée en semaine.

Distribution horaire des déplacements empruntant le boulevard périphérique (Février 2020)

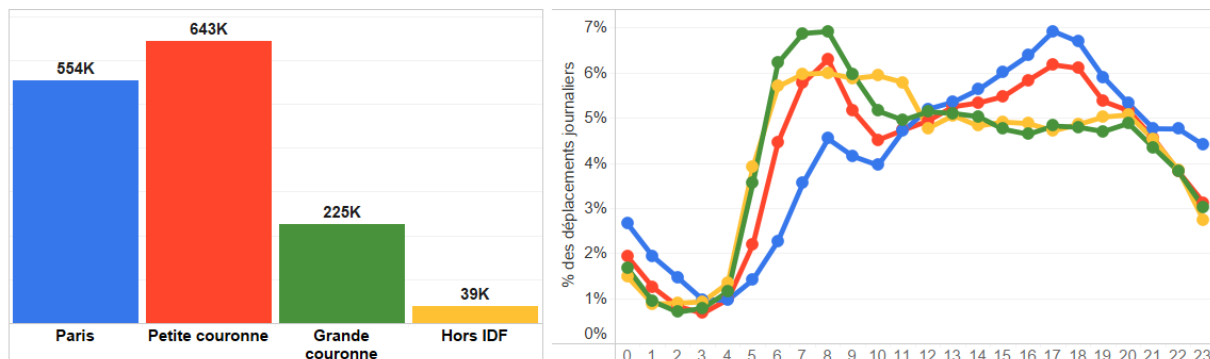
Distribution horaire



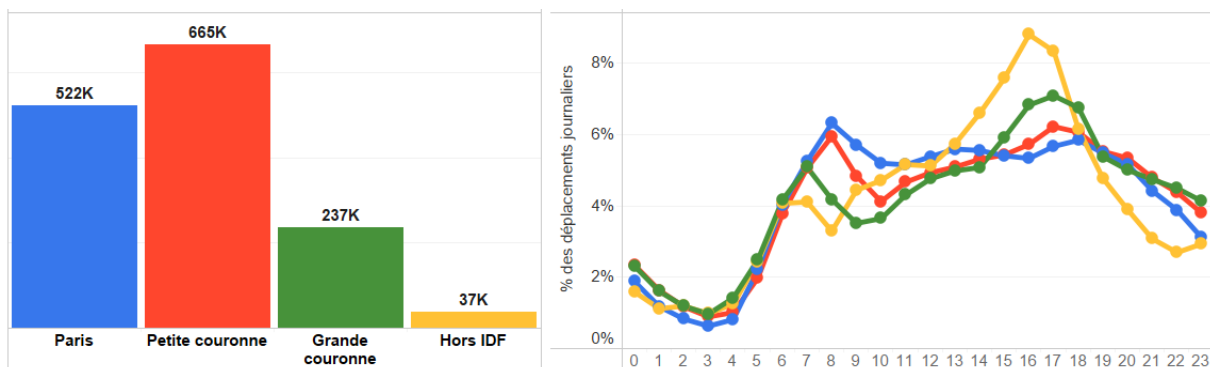
1.1.4. Une utilisation horaire propre à chaque territoire

Les variations temporelles de fréquentation sont aussi propres à chaque territoire émetteur/récepteur des déplacements et dépendent de leur proximité à Paris. La comparaison de la distribution horaire par zone d'origine et de destination (Paris, petite couronne, grande couronne et hors IDF) permet de mettre en avant des mouvements pendulaires significatifs.

Déplacements empruntant le périphérique par zone d'origine Volumen journaliers et profil horaire (Février 2020, jour de semaine)



Déplacements empruntant le périphérique par zone de destination Volumen journaliers et profil horaire (Février 2020, jour de semaine)



L'utilisation du périphérique **depuis Paris est très orientée par les emplois intramuros et se fait préférentiellement en fin de journée**, autour des heures de pointe du soir, alors qu'à l'inverse la destination parisienne génère quasiment autant de trajets en HPS qu'en HPM. Cela s'explique par des flux de Paris vers Paris en deuxième partie de journée qui alimentent l'utilisation à destination de la capitale des heures de pointes soir.

Les flux sur le périphérique provenant de la banlieue parisienne sont logiquement dominés par les heures de pointes matin (6h – 9h), mais on observe aussi une **forte utilisation en heure de pointe soir des usagers partant de la première couronne**, en particulier depuis les Hauts-de-Seine, comme on le verra plus loin. L'utilisation du périphérique en ayant pour destination la petite et grande couronne est quant à elle **dominée par les flux du soir (16h – 19h)**, en particulier pour la grande couronne. Néanmoins, la petite couronne reste une destination très sollicitée en seconde partie des heures de pointes matinales (8h-9h).

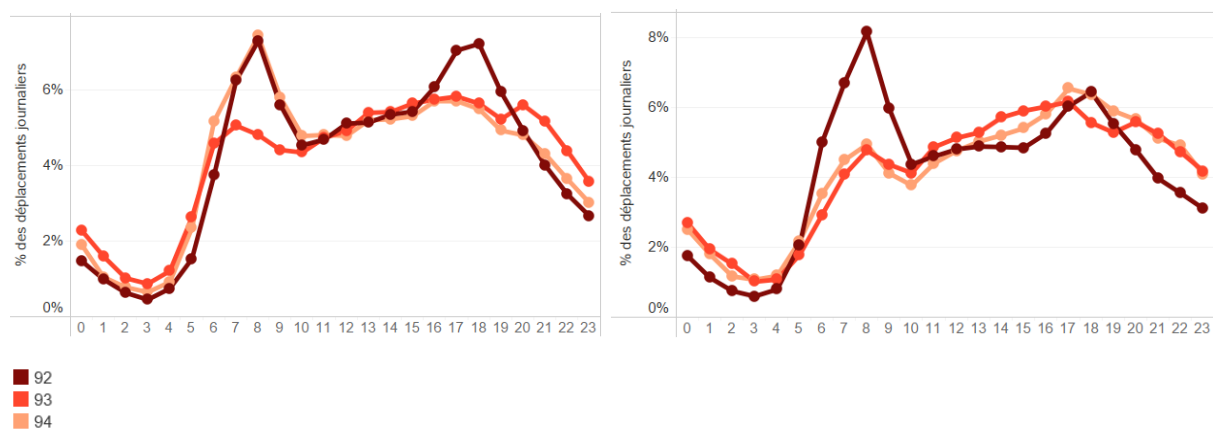
Les déplacements vers et depuis l'extérieur de l'Ile-de-France se démarquent par **un effet pendulaire spécifique** : les flux sont largement orientés depuis l'extérieur vers la région parisienne durant toute la matinée (de 6h à 11h) et à l'inverse vers l'extérieur de 15h à 18h (forte pointe).

Enfin, ces mouvements pendulaires sont très variés sur les 3 départements de la petite couronne.

- **Les Hauts-de-Seine (92) se démarquent par des flux bi-orientés** : une pointe matin très marquée à la fois comme générateur d'origines (habitants du départements) et de destinations des déplacements (pôle économique de Paris-La Défense notamment). La pointe de fin d'après-midi est également présente dans les deux sens.
- Les déplacements **vers et depuis la Seine-Saint-Denis (93) sont beaucoup moins dominés par les flux pendulaires**. La sollicitation du boulevard périphérique est plus constante durant la journée, et reste particulièrement importante en heures nocturnes.
- Le Val-de-Marne génère quant à lui des flux plus « classiques » dominés par une demande depuis le département en HPM et vers lui en fin d'après-midi.

Distribution horaire des trajets par département d'origine et de destination

Trajets **depuis (gauche)** et **vers (droite)** la petite couronne (Février 2020, jour de semaine)



1.1.5. Evolutions suite à la crise sanitaire

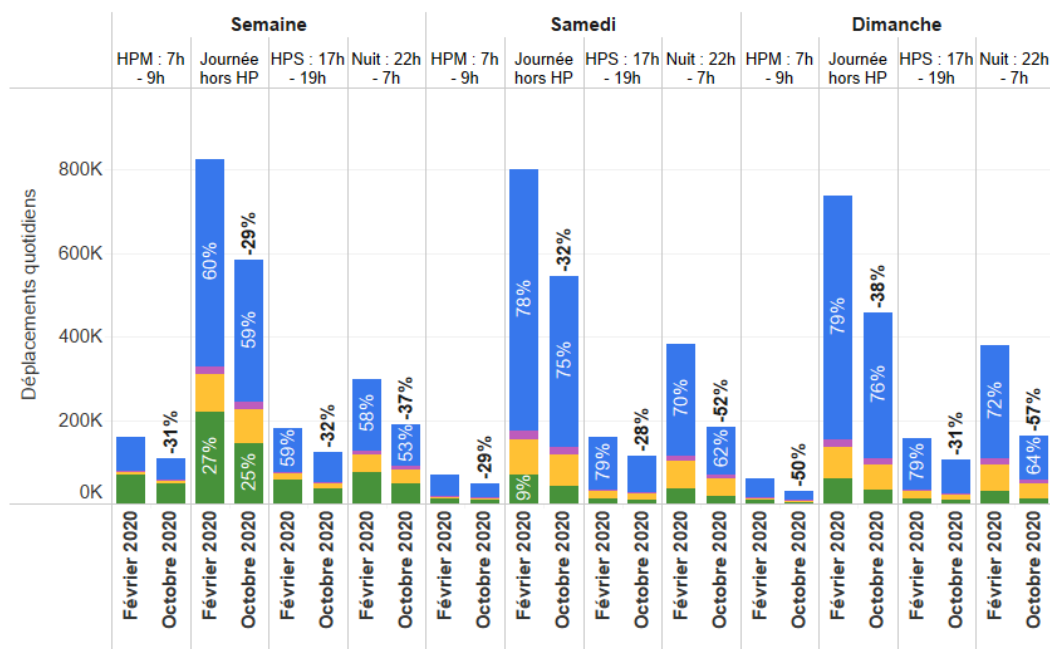
La mobilité empruntant le boulevard périphérique **baisse de 31% en jour de semaine entre février 2020 et octobre 2020**. Cette baisse est encore plus marquée le samedi (-37%) et le dimanche (-43%).

En semaine, les déplacements avec motif « Travail/Etudes » ou « Autres » (incluant les motifs « loisir ») baissent de 34% alors que les flux « Professionnels » ne baissent que de 13% (+4pts).

La répartition relative des zones origines et destinations est en revanche peu modifiée par la pandémie : toujours 10% de trajets intramuros et 15% de trajets Paris <> grande couronne alors que 34% des flux est observé entre Paris et la petite couronne (-2pts).

Conséquence directe du contexte sanitaire du mois octobre (sorties et regroupements nocturnes fortement dissuadés), et avant même l'application stricte du couvre-feu le 17/10, la **mobilité nocturne du périphérique est fortement impactée** : -37% en semaine mais surtout **-55% les nuits de samedi et dimanche**.

Evolution de la mobilité traversante du boulevard périphérique par type de jour et tranche horaire



1.2. Origines & Destinations des usagers

1.2.1. Une première couronne qui draine la majorité des déplacements du périphérique...

Le boulevard périphérique est une infrastructure de dimension régionale avec **95%** de ses déplacements réalisés uniquement au sein de la région d'Ile-de-France.

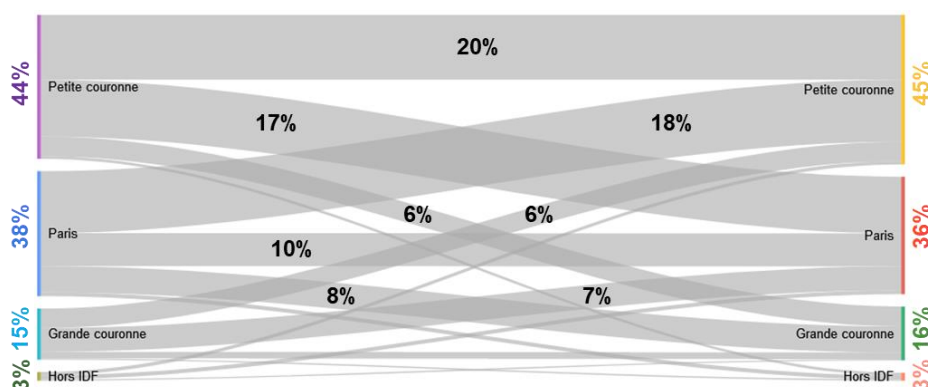
Au sein de la région, **70% des déplacements réalisés sur le périphérique sont en relation avec la petite couronne**, avec plus de la moitié d'entre eux ont pour origine ou destination Paris. **34% des trajets réalisés sont de banlieue à banlieue, soit 2,5 millions de trajets.**

Les trajets en relation avec **la grande couronne** représentent également une part significative des déplacements, à raison de **30% des trajets globaux**. Parmi eux, la moitié sont des trajets vers ou depuis Paris, et 40% des trajets vers ou depuis la petite couronne.

Les trajets avec une destination et/ou origine **hors de l'IDF** représente une faible part des trajets à raison de **5% environ**. Parmi ces trajets, plus de la moitié d'entre eux ont pour origine ou destination Paris.

Matrice Origine/Destination des utilisateurs du périphérique déplacements hebdomadaires moyens, (jours de semaine, février 2020)

Origine	periode / Destination Février 2020				Total ori.
	Paris	Petite couronne	Grande couronne	Hors IDF	
Paris	10,1% 736K	18,8% 1 372K	7,9% 576K	1,2% 88K	37,9% 2 772K
Petite couronne	17,3% 1 265K	19,9% 1 452K	6,0% 442K	0,7% 55K	44,0% 3 213K
Grande couronne	7,2% 528K	5,9% 433K	1,9% 137K	0,3% 24K	15,4% 1 123K
Hors IDF	1,1% 82K	0,9% 66K	0,4% 30K	0,3% 19K	2,7% 197K
Total dest.	35,7% 2 610K	45,5% 3 324K	16,2% 1 185K	2,5% 185K	100,0% 7 304K

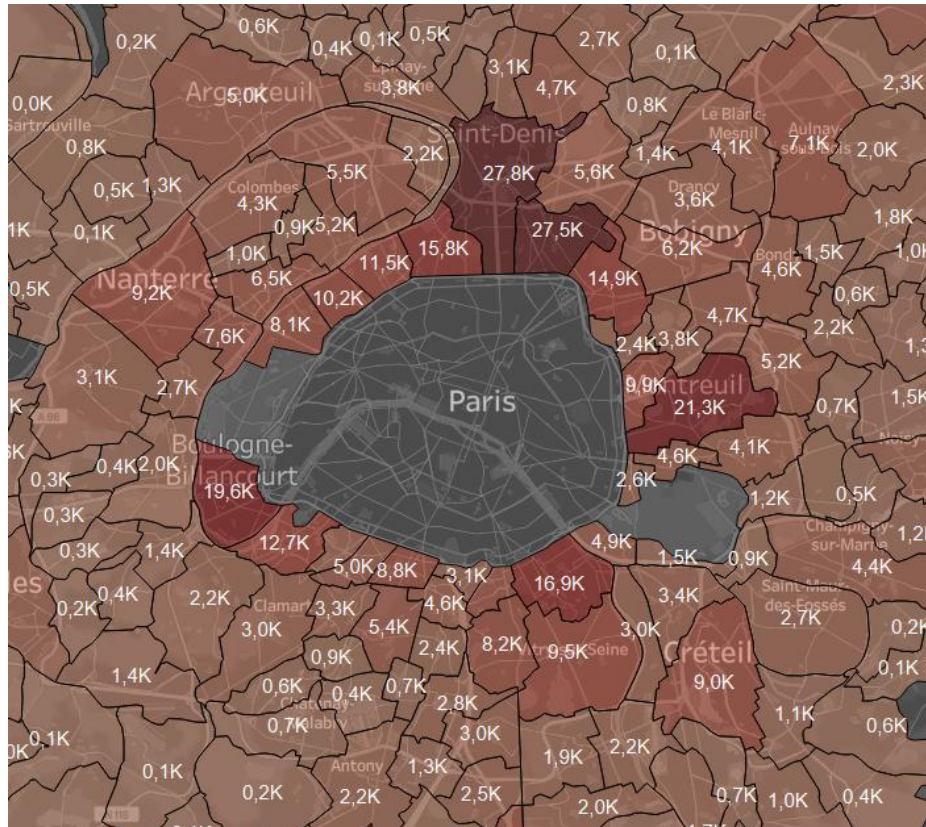


Le weekend, ce sont les **déplacements lointains qui sont en augmentation** avec plus de trajets en relation avec la grande couronne (+1pt) et hors de l'IDF (+1pt).

Sans surprise, ce sont **les communes de banlieue limitrophes à Paris qui génèrent le plus de trajets en semaine sur le boulevard périphérique** (hors Paris) :

1. 28 000 déplacements depuis la commune de Saint-Denis (93)
2. 28 000 déplacements depuis la commune d'Aubervilliers (93)
3. 21 000 déplacements depuis la commune de Montreuil (93)
4. 20 000 déplacements depuis la commune de Boulogne-Billancourt (92)
5. 17 000 déplacements depuis la commune de Ivry-sur-Seine (94)

Déplacements journaliers par commune d'origine (hors Paris) Février 2020, Jour de semaine



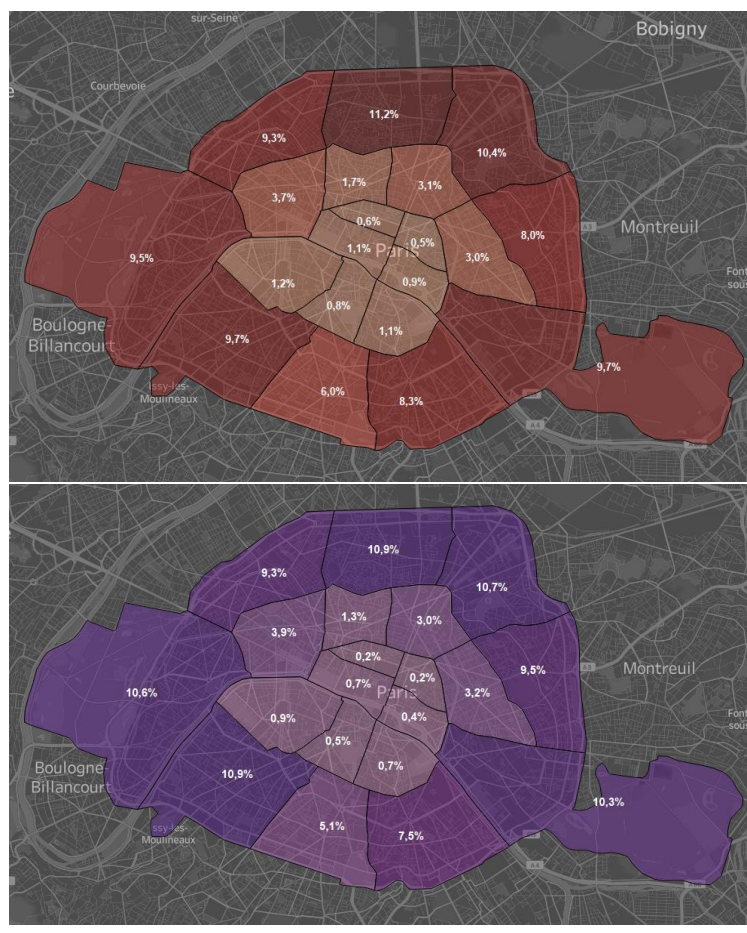
1.2.2. ...mais Paris reste la destination première pour tous ces trajets

Presque 2 trajets sur 3 (64%) transitant par le boulevard périphérique ont pour origine ou destination la ville de Paris, que ce soit en jour de semaine, le samedi ou le dimanche, avant ou pendant la crise sanitaire. Paris draine la majorité des déplacements avec la distribution territoriale suivante parmi ces trajets :

- **16% de ces trajets** ont à la fois l'origine et la destination dans Paris intra-muros. A noter que cette part baisse de 4pts durant l'heure de pointe du matin.
- **57% de ces trajets** sont en relation à la première couronne
- **24% de ces trajets** sont en relation à la grande couronne.
- **Moins de 4% de ces trajets** concernent une origine ou une destination hors de l'Île-de-France.

Les arrondissements en périphérie de Paris sont la destination privilégiée des utilisateurs du périphérique. En effet **seul 15% des trajets visant Paris trouvent leur destination dans l'un des 11 premiers arrondissements**.

Répartition des **origines** et **destinations** intramuros des déplacements traversant le BP Février 2020, jour de semaine, % des origines/destinations parisiennes

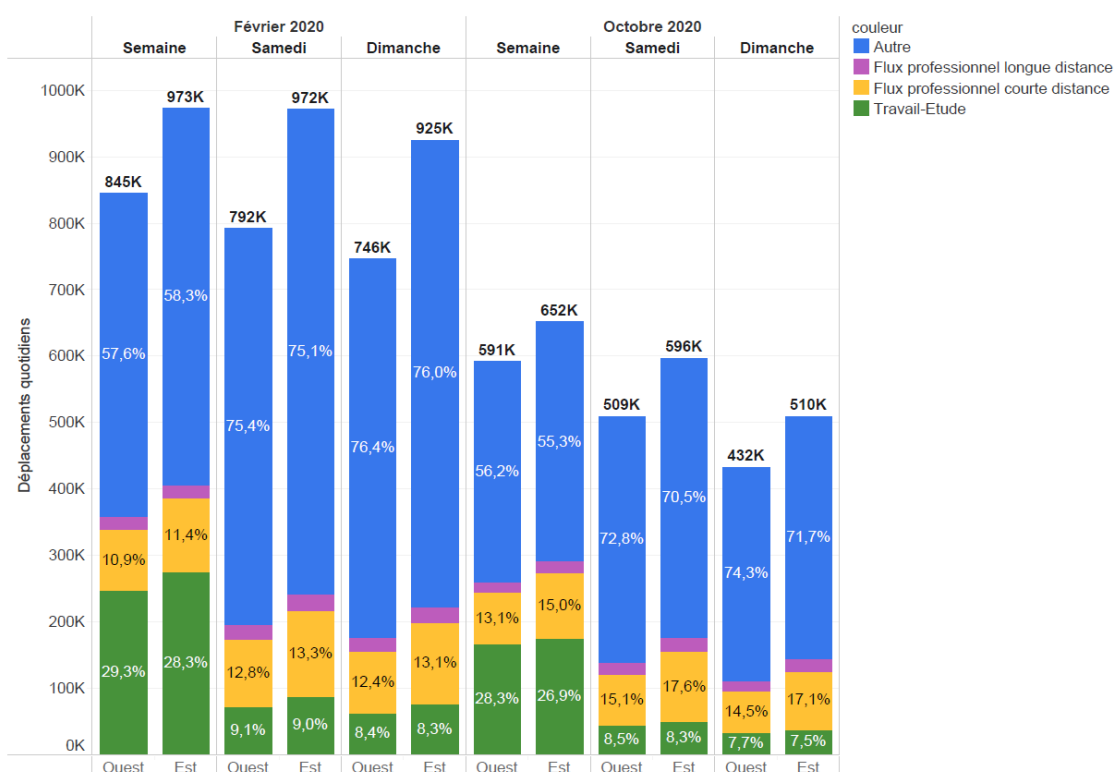


1.3. Diagnostic des usages routiers

1.3.1. L'Est de l'infrastructure plus emprunté que l'Ouest...

En semaine et avant la pandémie, **l'Est du périphérique est traversé par 15% de plus de déplacements que l'Ouest** du périphérique. En effet, plus de 970K trajets empruntent la partie Est du boulevard périphérique et 845K la partie Ouest (délimitées au nord par la Porte de la Chapelle et au sud par la Porte de Gentilly). **Le weekend, la différence est encore plus marquée** : on observe 23% de plus de mobilité traversante à l'Est.

Evolution hebdomadaire des trajets transitant par le périphérique côté Ouest ou Est



En octobre 2020, les changements de comportements rééquilibrent les trajets entre l'Est et l'Ouest, puisque **l'Est du périphérique n'est plus que 10% plus fréquenté que l'Ouest** en semaine (en nombre de déplacements), et 17% les jours de weekend.

	Type de jour	Déplacements sur le Périphérique Ouest	Déplacements sur le Périphérique Est
Avant Covid	Semaine	845K	973K (+15%)
	Samedi	792K	972K (+23%)
	Dimanche	746K	925K (+24%)
Pendant Covid	Semaine	591K	652K (+10%)
	Samedi	509K	596K (+17%)
	Dimanche	432K	510K (+18%)

Lorsque nous affinons à l'échelle des tronçons entre deux portes du boulevard périphérique, ce sont également les sections de l'Est Parisien qui sont plus fréquentées avec notamment (volumes de déplacements passant par les sections en jour de semaine de février, 2 sens confondus) :

1. Porte de Pantin – Porte des Lilas (400K déplacements dont 208K dans le sens BPI)
2. Porte de Montreuil – Porte de Vincennes (398K déplacements dont 210K sens BPE)
3. Porte de la Villette – Porte de Pantin (398K déplacements)

Serpent de charge du boulevard périphérique, 2 sens confondus Février 2020, jour de semaine



En octobre 2020, les tronçons à l'Est restent parmi les plus chargés, **mais la baisse de mobilité liée à la pandémie est moindre à l'ouest et au nord de l'infrastructure** : le tronçon Porte de la Chapelle – Porte d'Aubervilliers prend la première place avec 256K déplacements par jour de semaine, tandis qu'on observe des baisses de fréquentation moins importantes sur les tronçons Ouest Porte de Clichy - Porte de Saint-Ouen et Porte d'Auteuil - Porte de Passy.

1.3.2. Une voie rapide

qui remplit ses promesses...

La médiane des vitesses moyennes enregistrées sur le périphérique (hors bretelles) à l'aide des traces GPS est **de 53km/h en semaine**. Cette vitesse médiane varie entre 30km/h et

65km/h en fonction de la tranche horaire et de la section considérée. Avec une limitation de vitesse à 70km/h, ces médianes confirment l'usage de cet axe comme une voie rapide.

- L'heure de pointe du matin affiche **une vitesse médiane de 49km/h**, qui confirme bien la vocation de voie rapide de cet axe malgré les ralentissements. La vitesse est plus réduite sur le périphérique intérieur qu'extérieur.
- L'heure de pointe du soir est la **période la plus ralentie de la journée avec une vitesse médiane de 44km/h**, et aussi des vitesses plus réduites sur le périphérique intérieur.
- En journée, la vitesse des usagers augmente sur l'ensemble du boulevard périphérique de 4km/h par rapport à la pointe matin, **atteignant 53km/h**.
- La nuit les vitesses sont presque maximales avec une **moyenne de 64km/h**. La seule section connaissant un **ralentissement notable est celle de Bercy-Gentilly (BPI)** avec une moyenne de 54km/h en semaine.
- La vitesse **augmente de 4km/h le samedi et le dimanche**, confirmant une congestion moindre qu'en semaine.

...malgré de grandes disparités selon les sections

Avec des vitesses médianes relativement rapides, il est important de noter des écarts majeurs selon les sections du périphérique en semaine, qui se reflètent aussi dans la charge du boulevard.

Les 3 sections les plus lentes et leurs vitesses médianes associées sont les suivantes :

1. Gentilly-Auteuil (BPE) avec 43km/h (34km/h en HPS)
2. Bercy-Gentilly (BPI) avec 44km/h (32km/h en HPM)
3. Bagnole-Bercy (BPI) avec 47km/h (30km/h en HPM)

Les 3 sections les plus rapides et leurs vitesses médianes associées sont les suivantes :

1. Bagnole-Bercy (BPE) avec 54km/h (65km/h la nuit)
2. Chapelle-Bagnole (BPI) avec 53km/h (63km/h la nuit)
3. Gentilly-Auteuil (BPI) avec 53km/h (61km/h en HPS)

1.3.3. Un axe connecteur

En semaine, le temps passé sur le périphérique par trajet est d'un **peu plus de 9 minutes** (médiane), **pour des trajets de 43 minutes au total**. Les usagers du périphérique empruntent donc l'infrastructure pour **20% de leur temps de trajet global**, cette dernière étant principalement utilisée en relais d'autres infrastructures routières et voiries locales.

Ce temps passé atteint son maximum avec **10,3 minutes durant l'heure de pointe en soirée**, et son minimum avec **7,7 minutes durant la nuit** sans pour autant augmenter ou réduire la part du temps passé sur l'infrastructure (20% du temps de trajet global à chaque fois).

La distance de trajet réalisé sur le périphérique est de **4,5km** (médiane), **pour des trajets de 18km au total**. La distance parcourue sur l'infrastructure représente **25% du trajet global**. Avec un temps de parcours de 20% sur l'ensemble du trajet, et une distance plus importante, cela confirme bien l'utilisation du périphérique comme d'un axe rapide et plus rapide que le reste du trajet en dehors de l'infrastructure.

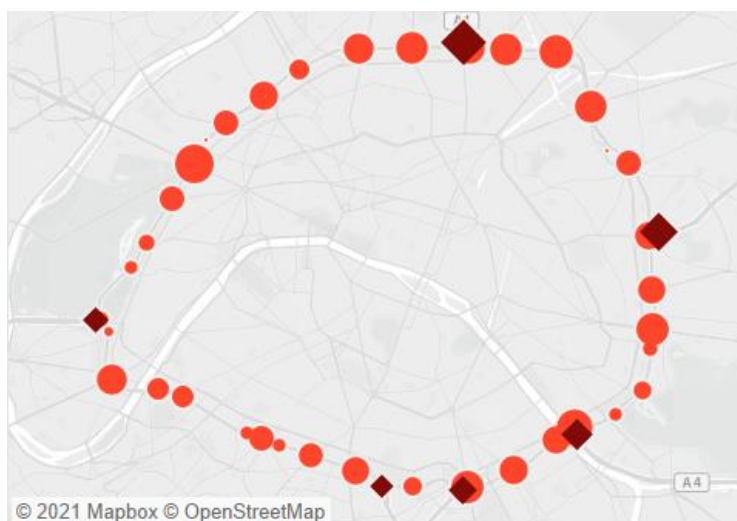
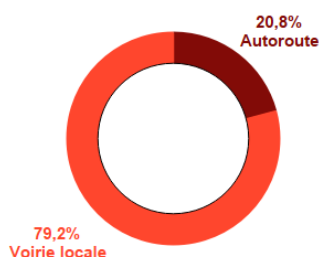
En heure de pointe du soir, cette distance diminue à 3,7km, tandis qu'elle augmente à 4,5km durant la nuit, et cela proportionnellement à l'évolution des distances parcourues sur l'ensemble du trajet.

1.3.4. Un axe local

Le boulevard périphérique est principalement utilisé pour desservir les voiries locales alentours, puisque **seulement 3% des trajets** de semaine (42K déplacements quotidiens) **utilisent le périphérique entre 2 autoroutes**.

Répartition des entrées sur le périphérique (Février 2020, jour de semaine)

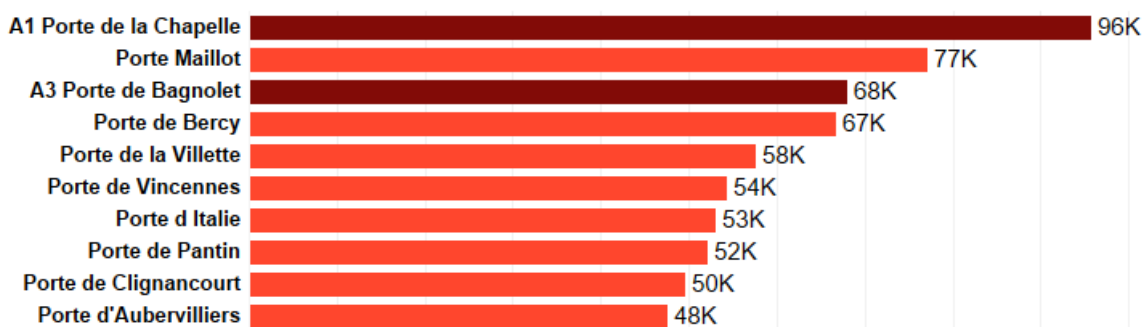
- ◆ Autoroute
- Voirie locale



1 trajet sur 5 empruntant le boulevard périphérique accède à l'infrastructure depuis un **échangeur autoroutier** (avec par ordre d'importance A1, A3, A4, A6b, A13 et A6a). Cela représente environ **304K déplacements quotidiens d'un jour de semaine** (en Février 2020).

Les jours de weekend, l'importance des accès autoroutiers augmente logiquement **de 4 à 5pts** (environ 25% des trajets utilisateurs du périphérique) comme elle est aussi reflétée dans les principales origines destinations. **Avec la crise sanitaire**, la part des entrées et sorties via autoroute **augmente d'1 point en semaine et de 3 points le dimanche**.

Principales portes et échangeurs d'accès (Février 2020, jour de semaine)



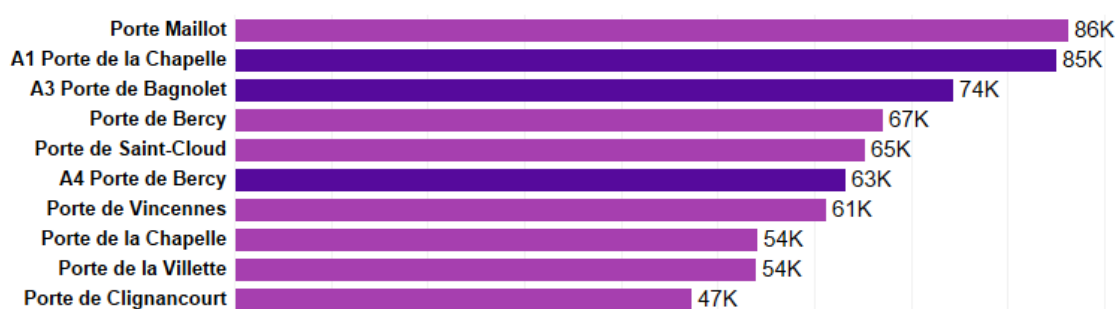
Quel que soit le jour de semaine considéré, **l'accès A1 Porte de la Chapelle est le premier accès** du boulevard périphérique (96K entrées en jour de semaine), suivi en semaine par la **Porte Maillot** (77K entrées) et l'accès **A3 Porte de Bagnole** (68K entrées).

La hiérarchie des accès ne change pas drastiquement avec la pandémie. On notera une importance relative **augmentant l'accès depuis l'A4 Porte de Bercy**.

Concernant les sorties, elles ne sont pas symétriques et plus équitablement distribuée entre les différentes portes. Les principales sorties restent cependant comparables avec les principales entrées. **La Porte Maillot qui est la principale sortie** du boulevard périphérique (86K sortie en jour de semaine), quasiment équivalente à **l'A1 Porte de la Chapelle** (85K sorties) puis suivie de la sortie **A3 Porte de Bagnole** (74K sorties).

Ces ordres de grandeurs varient selon les périodes de la journée et le type de journée.

Principales portes et échangeurs de sorties



1.4. Portrait des usagers du périphérique

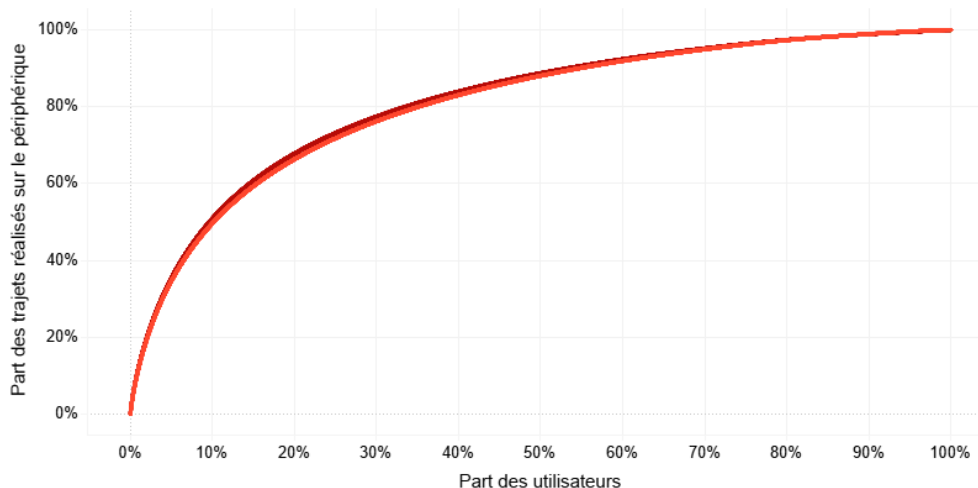
Presque 12 millions d'utilisateurs mensuels uniques empruntent le boulevard périphérique en période avant Covid. C'est l'équivalent de la population d'Ile-de-France. Avec la crise sanitaire, le nombre de ces utilisateurs a une baisse de 35% pour atteindre **7,7 millions d'utilisateurs**.

1.4.1. 10% des usagers du BP réalisent 50% des trajets

Parmi ces 12 millions d'usagers, peu d'entre eux réalisent la plupart des trajets sur le périphérique. **Plus de 9 usagers sur 10 utilisent le périphérique de manière occasionnelle** 1 à 2 jours par semaine, et pourtant ces utilisateurs ne représentent **que 6 trajets sur 10**.

Avec la crise sanitaire, il est remarquable que les utilisateurs importants (5 trajets et plus par semaine) représentent une part plus importante des trajets sur le boulevard, et ce tout particulièrement durant la journée.

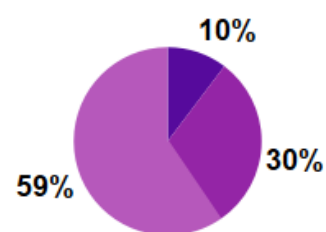
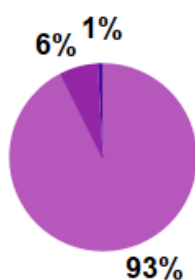
Part des utilisateurs selon le nombre de trajets générés sur le périphérique (Février 2020 et Octobre 2020)



Récurrence durant une semaine

en utilisateurs identifiés

en trajets réalisés



Récurrence par semaine

- utilisation ponctuelle (<3 jours/sem)
- utilisation régulière (3 à 4 jours/sem)
- utilisation importante (>4 jours/sem)

Ceux qui utilisent le périphérique souvent, plus de 5 fois par jour de la semaine, sont 40% à l'emprunter plusieurs fois dans la journée, suggérant une part importante de trajets symétriques ou professionnels. On observe une part d'utilisation nocturne particulièrement élevée pour ces utilisateurs.

Les utilisateurs réguliers, entre 3 et 4 jours par semaine, restent principalement sur un usage d'une fois par jour seulement, avec une répartition relativement équitable sur les heures de la journée, plus marquée sur les heures de pointe du soir.

Ceux qui utilisent le périphérique de manière occasionnelle l'utilisent une seule fois par jour, et n'ont donc pas de comportement symétrique dans la même journée. Par rapport aux autres profils, ils utilisent préférentiellement le boulevard périphérique durant la journée (hors heures de pointe).

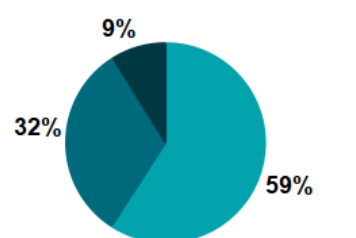
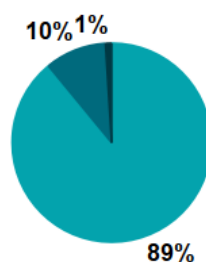
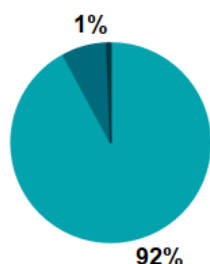
Fréquence des utilisateurs durant une journée (Février 2020)

en utilisateurs identifiés

utilisation ponctuelle (<3 jours/sem)

utilisation régulière (3 à 4 jours/sem)

utilisation importante (>4 jours/sem)



Fréquence par jour

1 fois par jour

2 fois par jour

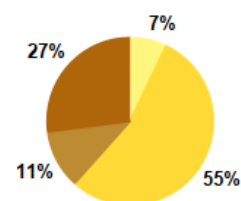
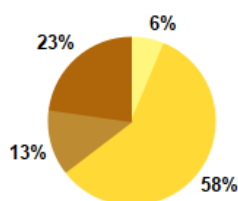
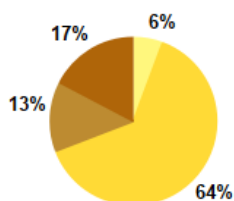
plus de 2 fois par jour

Répartition des usages par tranche horaire et classe de récurrence (Février 2020)

Utilisation ponctuelle (<3 jours/sem)

Utilisation régulière (3 à 4 jours/sem)

Utilisation importante (>4 jours/sem)



Tranche horaire

HPM

Journée

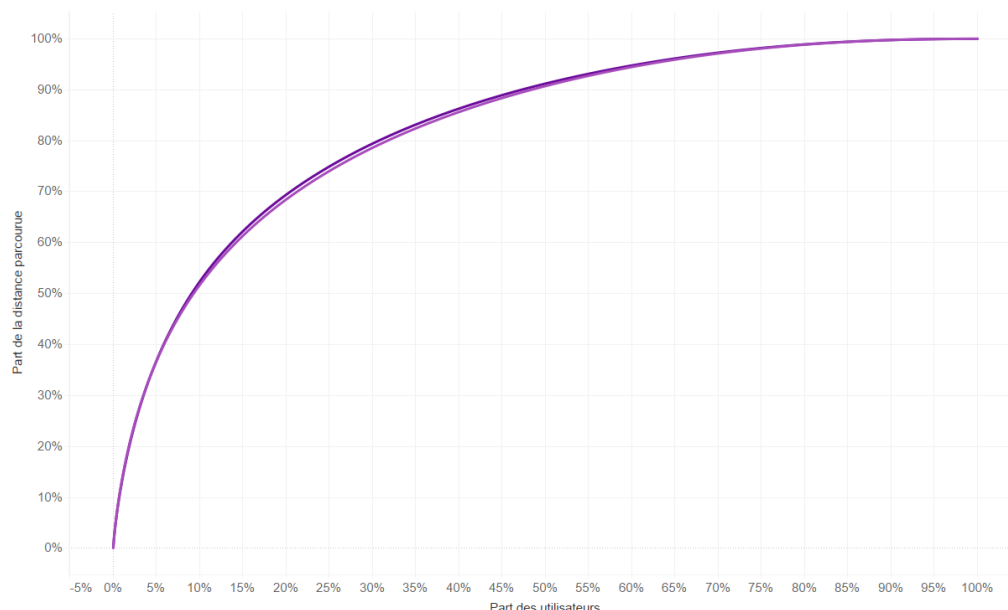
HPS

Nuit

1.4.2. 9% des usagers réalisent 50% de la distance parcourue

La distance parcourue par un usager type sur le périphérique est de 4,5km, mais la distance parcourue en cumulé par les usagers provient en grande partie des déplacements des usagers réguliers. En effet, **9% des usagers sont responsable de la moitié des km parcourus sur cette infrastructure** : les usagers les plus fréquents réalisent donc sur le périphérique des distances plus importantes à eux seuls.

Part de la distance parcourue sur le BP en fonction de la part des usagers



1.4.3. Une infrastructure utilisée par tous les franciliens, en particulier par les habitants proches

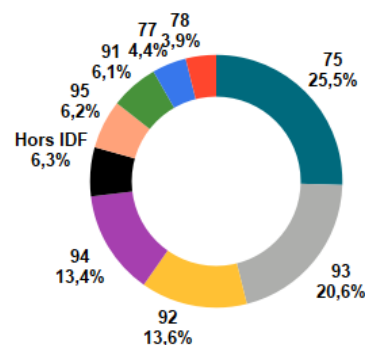
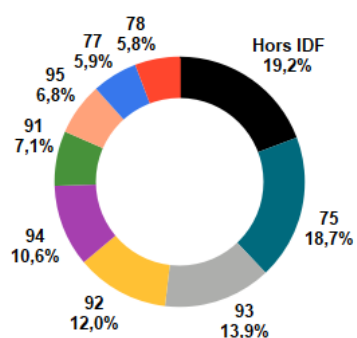
En termes d'usagers, le rayonnement du boulevard périphérique dépasse les frontières de l'Île de France puisque **19% de ses usagers distincts mensuels résident hors de la région**, alors que seul 54% des usagers habitent Paris ou sa petite couronne.

En revanche, l'usage des visiteurs et habitants lointains est bien moins intensif que les locaux : **un quart des déplacements réalisés sur le boulevard périphérique provient des parisiens**, et presque **un sur deux (48%) des habitants de la première couronne**, Seine-Saint-Denis en tête. A l'inverse, seulement 6% des trajets réalisés le sont par des visiteurs non-résidents de l'Île de France.

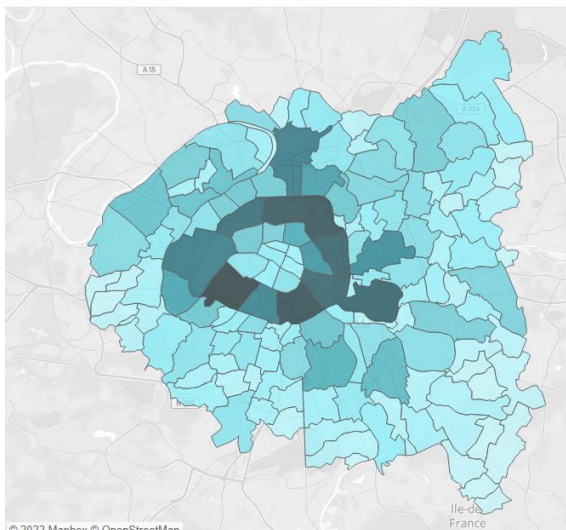
Lieux de résidence des usagers du boulevard périphérique (Février 2020)

Répartition des usagers (nombre d'utilisateurs)

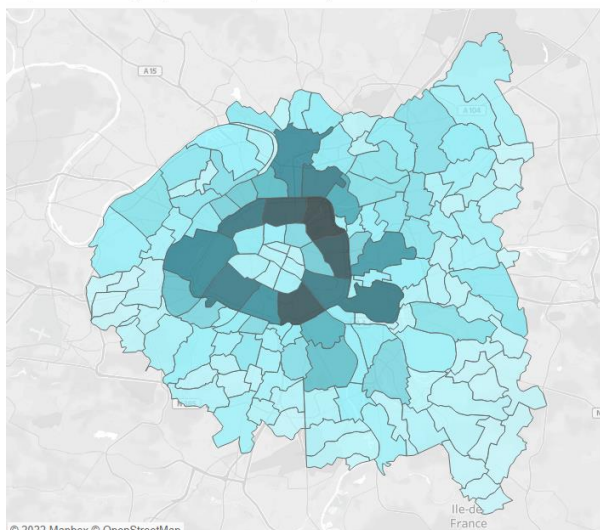
Répartition des usages (nombre de déplacements)



Répartition des usagers (nombre d'utilisateurs)



Répartition des usages (nombre de déplacements)

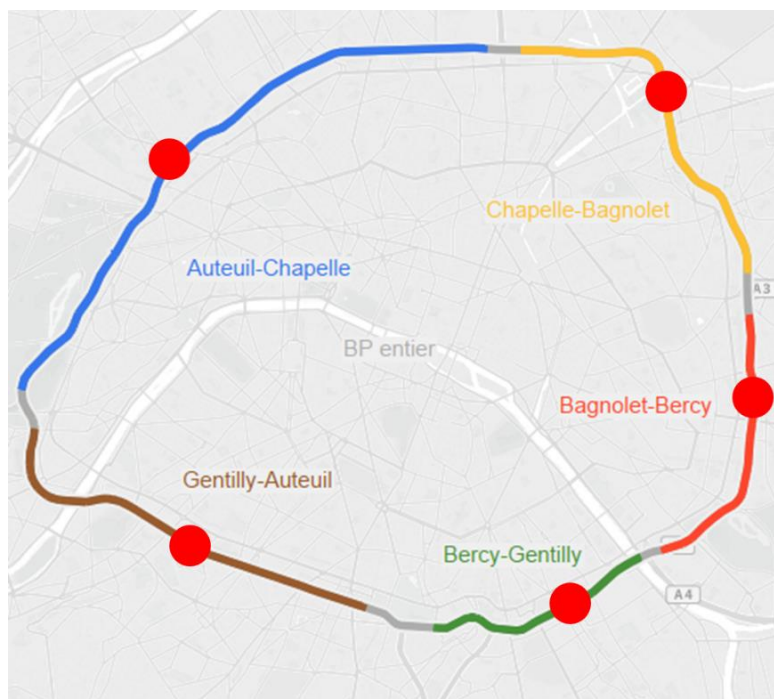


Outre les arrondissements parisiens limitrophes, ce sont **les communes d'Aubervilliers, de Saint-Denis et Montreuil qui rassemblent le plus d'usagers (et d'usages) du boulevard périphérique.**

1.4.4. Les véhicules utilisés ne reflètent pas le motif du déplacement réalisé

L'utilisation des caméras de comptage vidéo sur les différentes sections du boulevard périphérique permet de compléter les données provenant des traces GPS en distinguant les modes détaillés des véhicules empruntant l'infrastructure.

Position des caméras de comptage (Alyce) positionnées du 15 au 21 septembre 2021

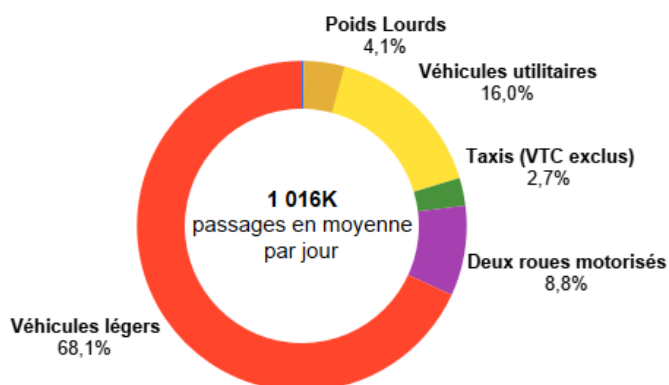


Le boulevard périphérique est emprunté par un mix important de types de véhicules et modes de déplacements avec en semaine :

- **77% des passages avec un véhicule personnel** (inclus VTC) dont 9% de deux roues motorisées
- **23% des passages avec un véhicule à usage professionnel** (Cars, Taxis, VUL, PL)

Parts modales détaillées sur le boulevard périphérique

Nombre de passages quotidiens sur les 5 points de comptage, jour de semaine

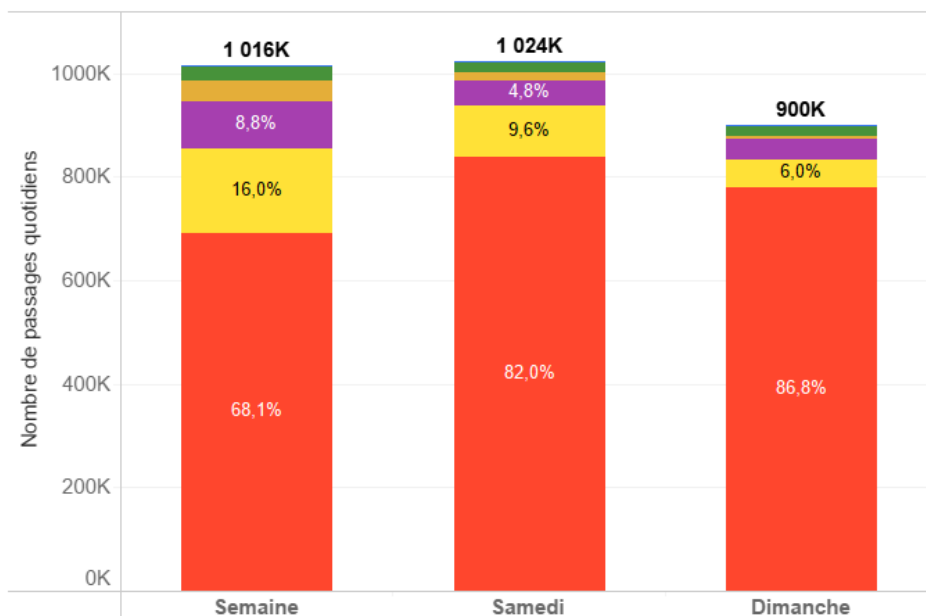


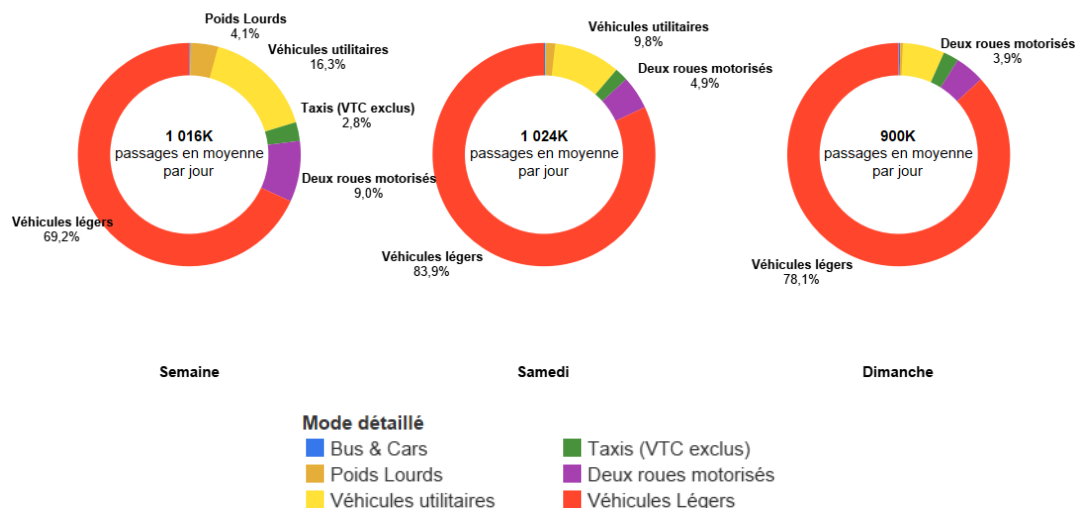
Cette répartition évolue significativement le **weekend** pour atteindre **un ratio proche de 9/10 véhicules personnels et 1/10 de véhicules professionnels** :

- **89% de véhicules personnels** (inclus VTC) dont 5% de deux roues motorisées
- **11% de véhicules professionnels** (Cars, Taxis, VUL, PL)

Evolution hebdomadaire des parts modales transitant par le boulevard périphérique

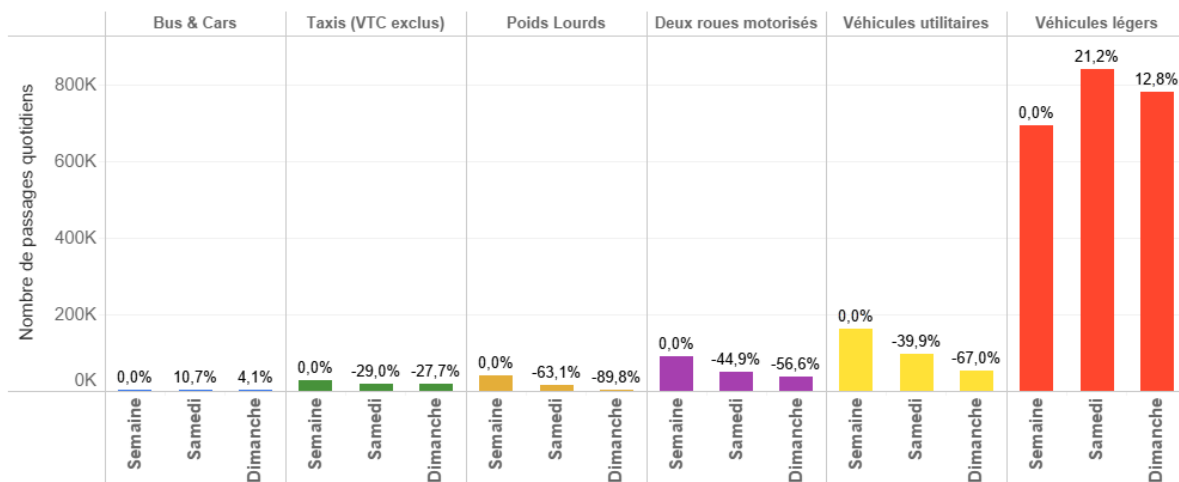
Nombre de passages quotidiens sur les 5 points de comptage





Concernant les véhicules personnels, la part des 2RM réduit de moitié suggérant un motif d'utilisation avant tout Travail/Etudes tandis que l'utilisation des véhicules légers augmente de 13 à 20%.

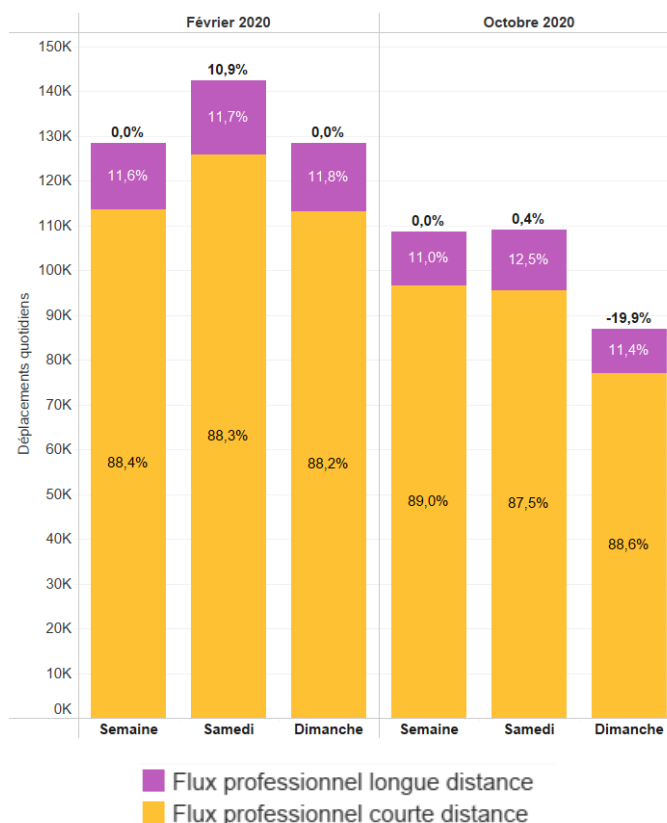
Evolution hebdomadaire de chaque mode, sur les 5 points de comptage



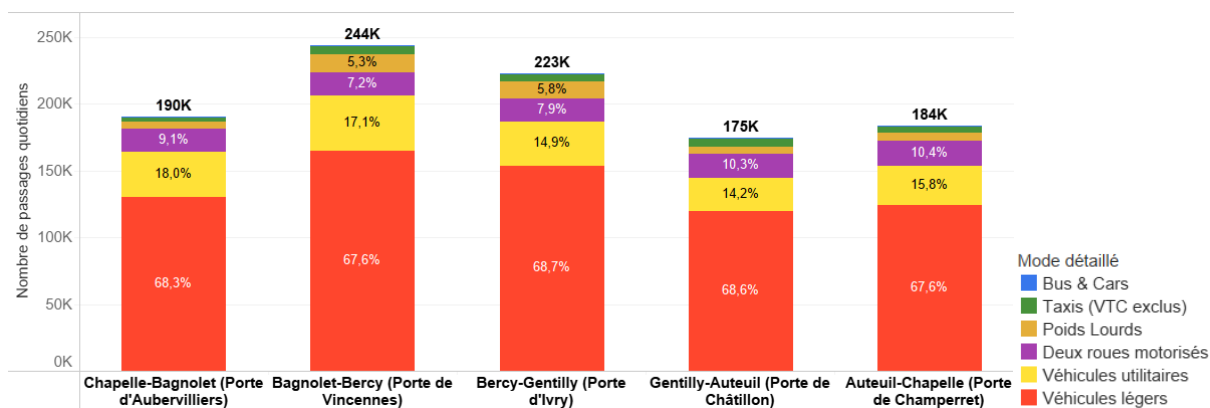
L'usage des véhicules professionnels est réduit de moitié le weekend avec des nuances marquées, d'une part une forte baisse des poids lourds, et une baisse moindre des véhicules utilitaires et plus faible encore pour les taxis et bus & cars.

Ces observations par type de véhicules sont à mettre en perspective avec l'analyse produite par motifs de déplacement (traces GPS), **puisque les flux à motifs « professionnels » augmentent de 11% le samedi et sont équivalents le dimanche par rapport à un jour de semaine**. Ce constat suggère que de nombreux véhicules légers sont utilisés à titre professionnels sur l'infrastructure du périphérique, et cela inclut entre autres les VTC qui ne sont pas quantifiés à part dans cette étude.

Evolution des flux « professionnels » par type de jour et période étudiée (traces GPS)



Nombre de passages et répartition modale détaillées par section/points de comptage du boulevard périphérique (jour de semaine)



La part des poids lourds est nettement supérieure dans le quart sud-est du boulevard périphérique. En effet, on observe entre 5 et 6% de passages poids-lourd sur les sections Bagnolet-Bercy et Bercy-Gentilly, tandis que cette part est d'environ 3% sur le reste de l'infrastructure. En termes de nombre de passages aux points de comptage, cela représente environ 13 000 passages poids lourds aux portes de Vincennes et d'Ivry contre seulement 5 000 aux trois autres portes munies de caméra de comptage.

2. PANEL D'ENQUETE

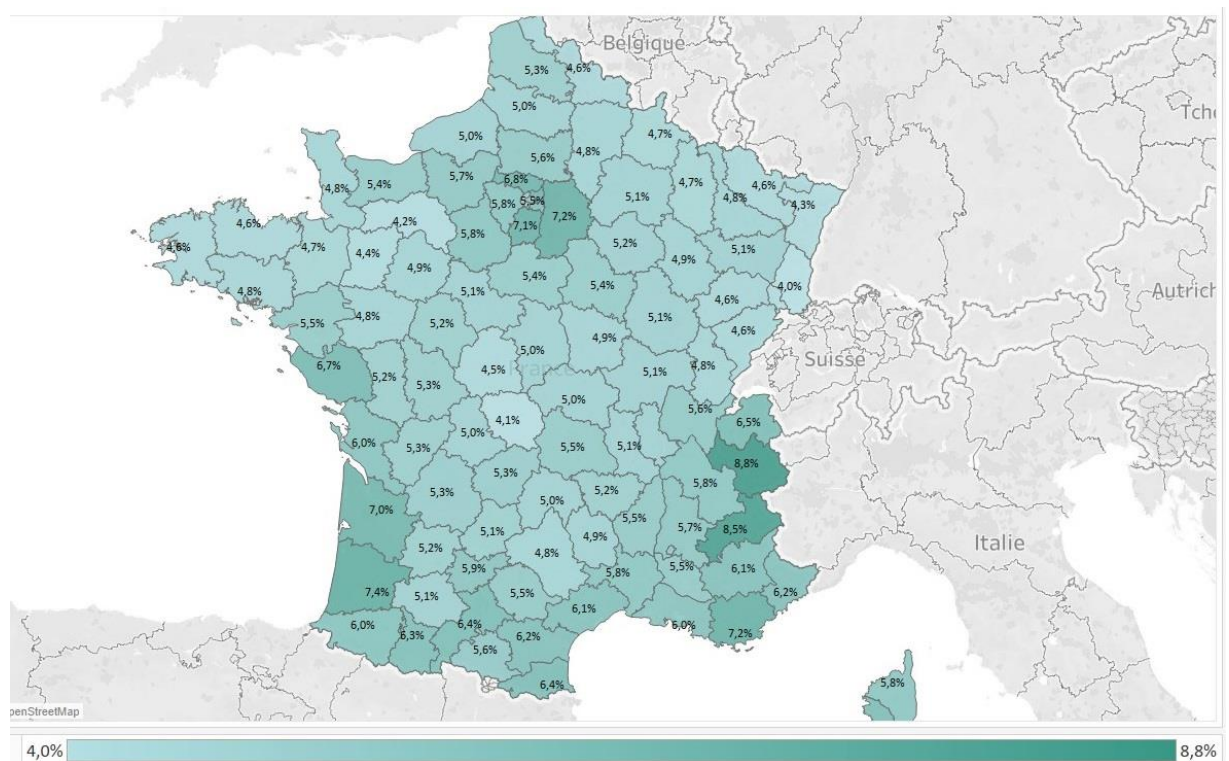
2.1. Sources des données

2.1.1. Collecte et échantillonnage des données d'enquête

Cette étude s'appuie sur une base de données GPS brutes collectées au travers d'applications partenaires de Kisio installées sur les téléphones portables. Nos trois partenaires technologiques collectent et traitent les traces GPS **en conformité avec le Règlement Général sur la Protection des Données**. Ces partenaires ont leur logiciel de collecte (SDK) implanté dans plusieurs dizaines d'applications afin de collecter les données GPS de plusieurs millions de téléphones en France.

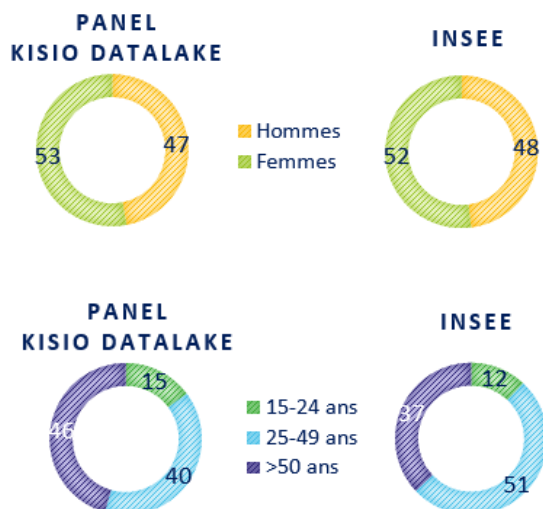
La base Kisio Datalake comporte environ 4 millions d'utilisateurs actifs en France et **permet de valoriser d'un panel de données représentant 4 à 8% des Français**. En Ile-de-France, notre panel traite et redresse **400 000 à 500 000 déplacements par jour**.

Couverture du panel par lieu de résidence en France



Panel de cette étude	
Zone géographique	Trajets empruntant le Boulevard Périphérique (trajets intersectant la zone des 400m autour du BP)
Nombre moyen d'utilisateurs actifs mensuel	200K (290K passant à proximité du BP)
Nombre moyen de trajets mensuels	1,2M (3,1M passant à proximité du BP)
Nombre moyen de points GPS mensuels	50M (89M à proximité du BP)

Les échantillons collectés sont représentatifs des populations possédant un smartphone et utilisant l'application depuis laquelle les données sont collectées par nos partenaires. Ainsi, notre base de données sous représente **largement les jeunes de moins de 12 ans et les seniors de plus de 70 ans**. En France, il est constaté 77% de taux d'équipement en smartphones en France en 2019 à partir, avec plus de 80% d'équipement 12 à 50 ans et une baisse significative à partir de 70 ans et pour les individus non-diplômés².



Ce panel Datalake permet une juste représentativité des différentes populations :

- **Représentativité spatiale** : Nous avons des données dans toutes les zones, qu'elles soient urbaines ou rurales. Cela permet ainsi d'observer les comportements de personnes qui résident ou travaillent sur le territoire, mais également les visiteurs et les touristes.
- **Représentativité de toutes les mobilités** : Nos applications partenaires sont « grand public » et non adossées à un mode de déplacement préférentiel (ex : mappy, michelin, sncf, ...). Elles permettent de collecter les déplacements sur chaque mode avec des applications d'information nationale, régionale, des applications de météo, de vie quotidienne, de communautés et jeux.
- **Représentativité socio-démographique** : Nous n'avons pas de données socio-démographiques individuelles. Toutefois, nous avons la description de l'audimat des principales applications partenaires que nous pouvons comparer à la population française.

2.1.2. Périodes étudiées

Notre base de données de géolocalisations GPS sur toute la France contient une période de référence de 6 semaines d'une mobilité dite « normale », avant la période de confinement due au Covid-19, puis toutes les données à partir du 20 Septembre 2020 jusqu'à fin Février 2022.

Pour cette étude, nous avons traité deux périodes de données :

- Période A dite « avant Covid » : **du 1er Février au 8 mars 2020**
- Période B dite « pendant Covid » : **du 20 septembre au 30 Octobre 2020**

² CREDOC, « Enquêtes sur les Conditions de vie et les Aspirations »

Les périodes de vacances scolaires suivantes ont été exclues des sorties agrégées par type de jour :

- Du 17/02 au 01/03 pour la période A
- A partir du 19/10 pour la période B

2.1.3. Zones étudiées et découpage spatial

Sections du boulevard périphérique

Le boulevard périphérique a été segmenté en 5 différentes sections pour permettre de caractériser les trajets (vitesse, durée) :

- **Porte de Gentilly – Porte d’Auteuil**
- **Porte d’Auteuil – Porte de la Chapelle**
- **Porte de la Chapelle – Porte de Bagnole**
- **Porte de Bagnole – Porte de Bercy**
- **Porte de Bercy – Porte de Gentilly**



Tronçons du boulevard périphérique

Le boulevard périphérique a été segmenté en tronçons entre chaque porte afin de réaliser l'analyse des usages :

# tronçon	Tronçon porte à porte
-----------	-----------------------

1	Porte de la Chapelle - Porte d'Aubervilliers
2	Porte d'Aubervilliers - Porte de la Villette
3	Porte de la Villette - Porte de Pantin
4	Porte de Pantin - Porte des Lilas
5	Porte des lilas - Porte de Bagnolet
6	Porte de Bagnolet - Porte de Montreuil
7	Porte de Montreuil - Porte de Vincennes
8	Porte de Vincennes - Porte Dorée
9	Porte Dorée - Porte de Charenton
10	Porte de Charenton - Porte de Bercy
11	Porte de Bercy - Quai d'Ivry
12	Quai d'Ivry - Porte d'Ivry
13	Porte d'Ivry - Porte d'Italie
14	Porte d'Italie - Porte de Gentilly
15	Porte de Gentilly - Porte d'Orléans
16	Porte d'Orléans - Porte de Chatillon
17	Porte de Chatillon - Porte de Vanves
18	Porte de Vanves - Porte de Sèvres
19	Porte de Sèvres - Quai d'Issy
20	Quai d'Issy - Porte de Saint-Cloud
21	Porte de Saint-Cloud - Porte Molitor
22	Porte de Molitor - Porte d'Auteuil
23	Porte d'Auteuil - Porte de Passy
24	Porte de Passy - Porte de la Muette
25	Porte de la Muette - Porte Dauphine
26	Porte Dauphine - Porte Maillot
27	Porte Maillot - Porte de Champerret
28	Porte de Champerret - Porte d'Asnières
29	Porte d'Asnières - Porte de Clichy
30	Porte de Clichy - Porte de Saint-Ouen
31	Porte de Saint-Ouen - Porte de Clignancourt
32	Porte de Clignancourt - Porte de la Chapelle

Portes & échangeurs du boulevard périphérique

Chaque portes et échangeurs ont distingués afin de réaliser l'analyse des usages :

# Porte	Porte / Echangeur
---------	-------------------

1	Porte de la Chapelle
2	A1 Porte de la Chapelle
3	Porte d'Aubervilliers
4	Porte de la Villette
5	Porte de Pantin
6	Porte du Pré-Saint-Gervais
7	Porte des lilas
8	Porte de Bagnolet
9	A3 Porte de Bagnolet
10	Porte de Montreuil
11	Porte de Vincennes
12	Porte de Saint-Mandé
13	Porte Dorée
14	Porte de Charenton
15	Porte de Bercy
16	A4 Porte de Bercy
17	Quai d'Ivry
18	Porte d'Ivry
19	Autoroute A6b
20	Porte d'Italie
21	Autoroute A6a
22	Porte de Gentilly
23	Porte d'Orléans
24	Porte de Chatillon
25	Porte de Vanves
26	Porte de la Plaine
27	Porte de Briançon
28	Porte de Sèvres
29	Quai d'Issy
30	Porte de Saint-Cloud
31	Porte Molitor
32	Porte d'Auteuil
33	A13 Porte d'Auteuil
34	Porte de Passy
35	Porte de la Muette
36	Porte Dauphine
37	Porte Maillot

38	Porte des Ternes
39	Porte de Champerret
40	Porte d'Asnières
41	Porte de Clichy
42	Porte de Saint-Ouen
43	Porte de Clignancourt

Bretelles spécifiques

10 bretelles ont été isolées pour réaliser une analyse des usages plus fine pour tous les trajets en lien avec le périphérique :

# Bretelle	Porte	Bretelle
1	Porte de la Chapelle	BPI vers Paris
2	Porte de Bagnolet	BPE vers A3
3	Porte de Bagnolet	BPI vers A3
4	Porte de Bercy	A4 vers BPE
5	Porte de Bercy	A4 vers BPI
6	Porte de Bercy	BPI vers A4
7	Porte de Bercy	Quais vers BPI
8	Porte de Vanves	Blvd Pinard vers BPE
9	Porte de Briançon	Blvd Pinard vers BPE
10	Porte de Passy	BPI vers route des Lacs

2.1.4. Sources de données complémentaires

Données de comptages caméra Alyce

Les données de comptage caméra collectées par Alyce sont utilisées en complément des données GPS avec deux objectifs :

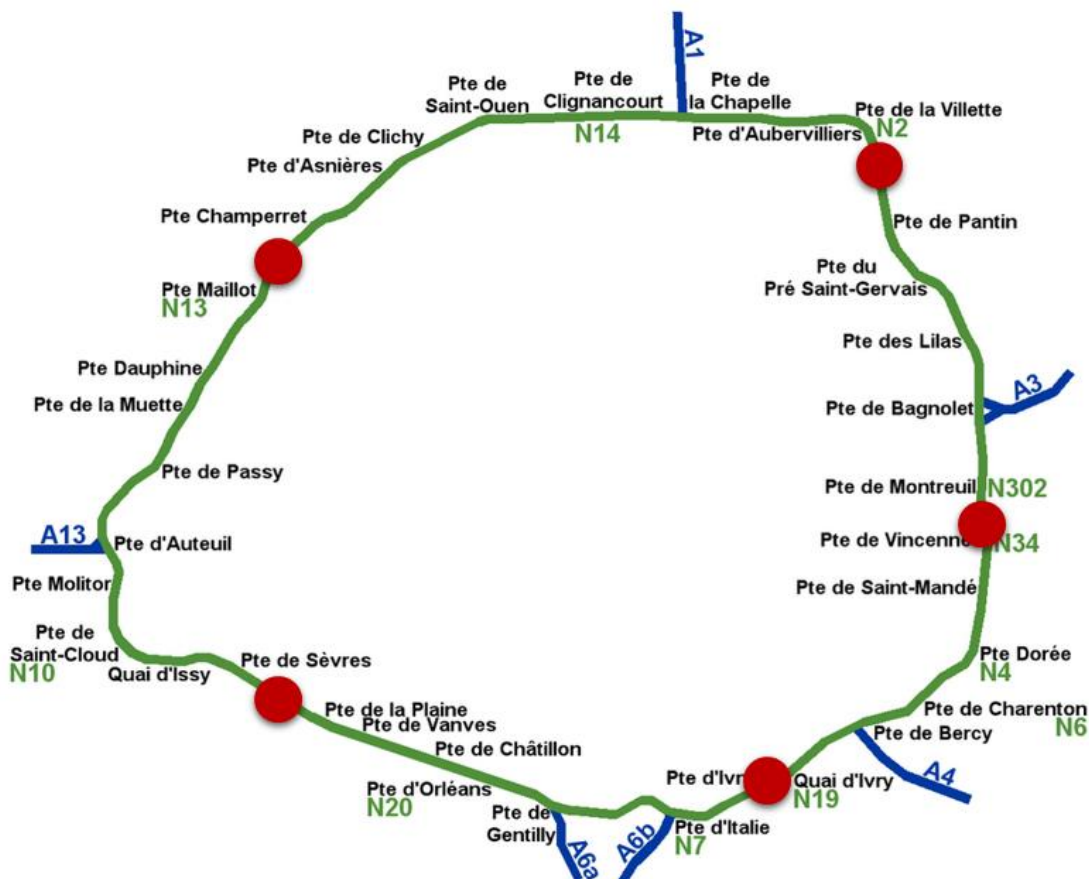
Assurer des contrôles de cohérence avec les données GPS et les données de comptages disponibles en Opendata.

Classifier certains flux routiers spécifiques que les données GPS ne permettent pas d'identifier.

Position des caméras fixes de comptage

Caméra 1	Sens 1 Périph intérieur	Porte d'Ivry
	Sens 2 Périph extérieur	
Caméra 2	Sens 1 Périph intérieur	Porte de Châtillon

	Sens 2 Périph extérieur	
Caméra 3	Sens 1 Périph intérieur	Porte de Champerret
	Sens 2 Périph extérieur	
Caméra 4	Sens 1 Périph intérieur	Porte de Vincennes
	Sens 2 Périph extérieur	
Caméra 5	Sens 1 Périph intérieur	Porte d'Aubervilliers
	Sens 2 Périph extérieur	



Période de collecte des données

- Installation le lundi 13 Septembre 2021
- Collecte **du mercredi 15 au mardi 21 Septembre 2021 (période hors vacances scolaires, grèves, ou évènements majeurs remarquables)**

Type de véhicules identifiés

- Véhicules légers personnels incluant les VTC (VP)
- Deux roues motorisés (2RM)
- Taxi – (TAX)
- Véhicules utilitaires (VUL)
- Poids lourds (PL)
- Cars & Bus (TC)

Autres données de comptages et d'enquêtes

Afin d'une part d'assurer le redressement du panel d'enquête à l'échelle de la population Les sources de données complémentaires mobilisées seront les suivantes :

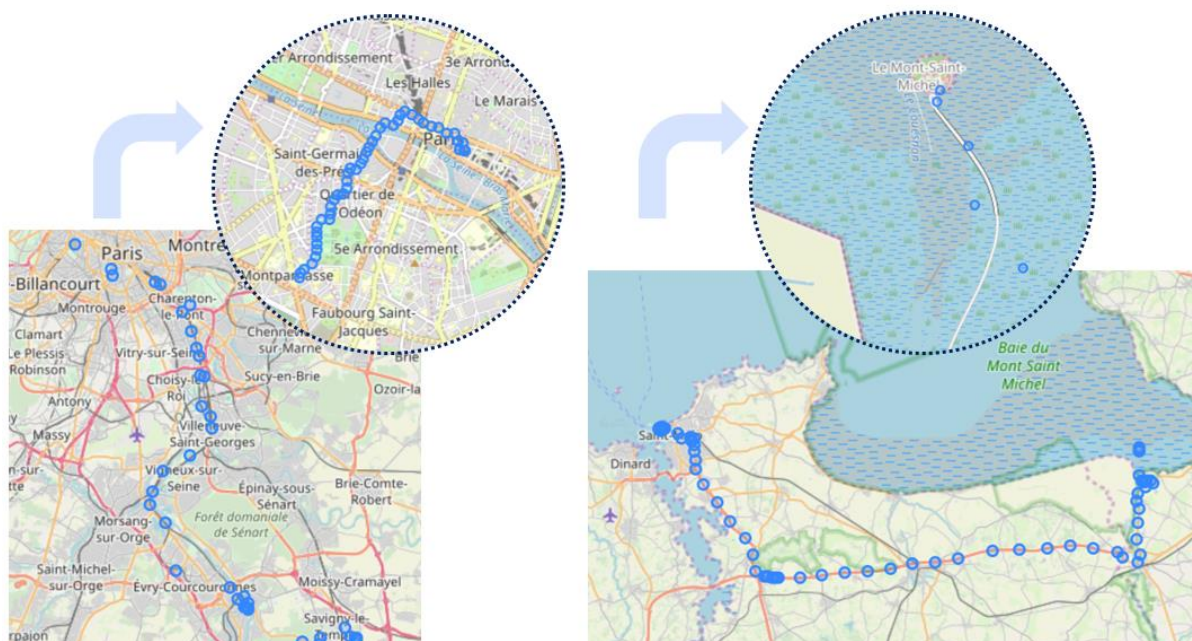
- les données INSEE
- les données libres disponibles en opendata mise à disposition par la Ville de Paris (voirie,...)
- les données de comptage routier mises à disposition par la Ville de Paris³
- les données OpenStreetMap

2.2. Caractéristiques des données GPS

2.2.1. Précision de la collecte

Les données (ou traces) GPS correspondent aux données de géolocalisation de différents objets connectés, qui peuvent être collectées régulièrement par l'intermédiaire d'applications mobiles. Il s'agit d'une succession de coordonnées GPS (x, y, z), captées tout au long de la journée et associées à un identifiant crypté de terminal. La précision spatiale (5-10m) des données GPS permet d'identifier les infrastructures empruntées par les successions traces pour ensuite reconstituer les différents trajets parcourus par les utilisateurs de ces dispositifs.

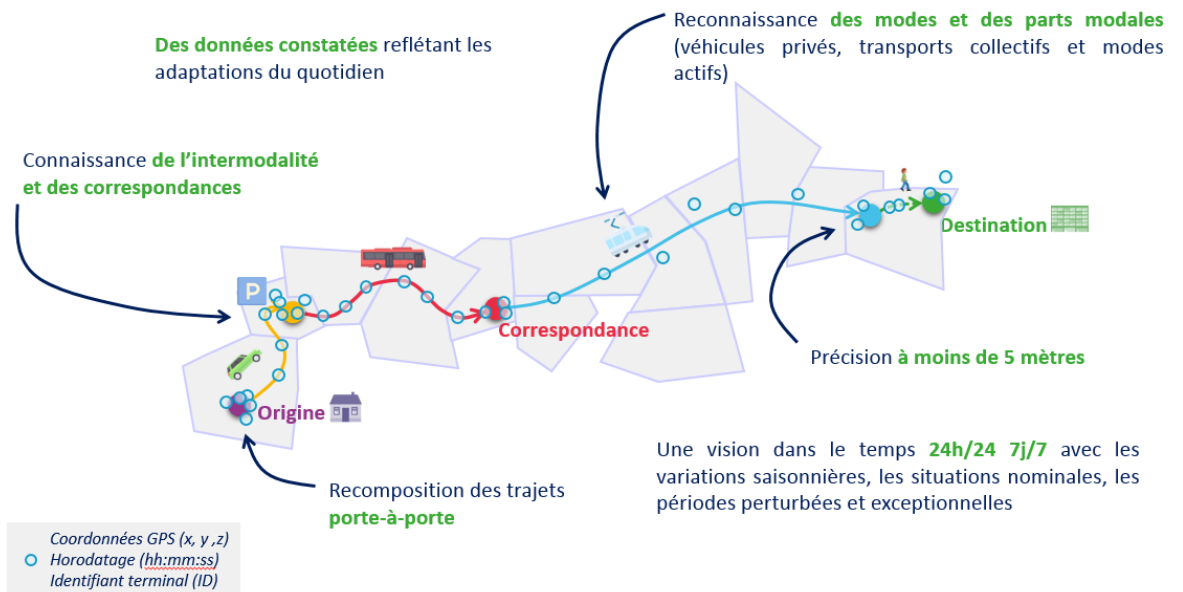
Exemples de traces GPS en zone urbaine et en zone rurale



Le traitement et la conversion de ces traces GPS en trajets permet de reconstituer les déplacements porte à porte (en origines et destinations) avec les différents modes de transport empruntés. Elle permet aussi d'analyser les rabattements et les diffusions et l'intermodalité au niveau d'un pôle générateur ou d'une gare. Une fois les déplacements reconstitués, il est possible d'analyser la variabilité des déplacements au cours du temps et du calendrier annuel, notamment lors des périodes de moindre fréquentation (week-ends,

³ https://opendata.paris.fr/explore/dataset/comptages-routiers-permanents/information/?disjunctive.libelle&disjunctive.etat_trafic&disjunctive.libelle_nd_amont&disjunctive.libelle_nd_aval&sort=t_1h

vacances scolaires, ...). Ce suivi régulier permet de différencier les typologies de clients (les habitués et les occasionnels) et de leurs comportements de déplacements (semaines, week-ends, perturbation).

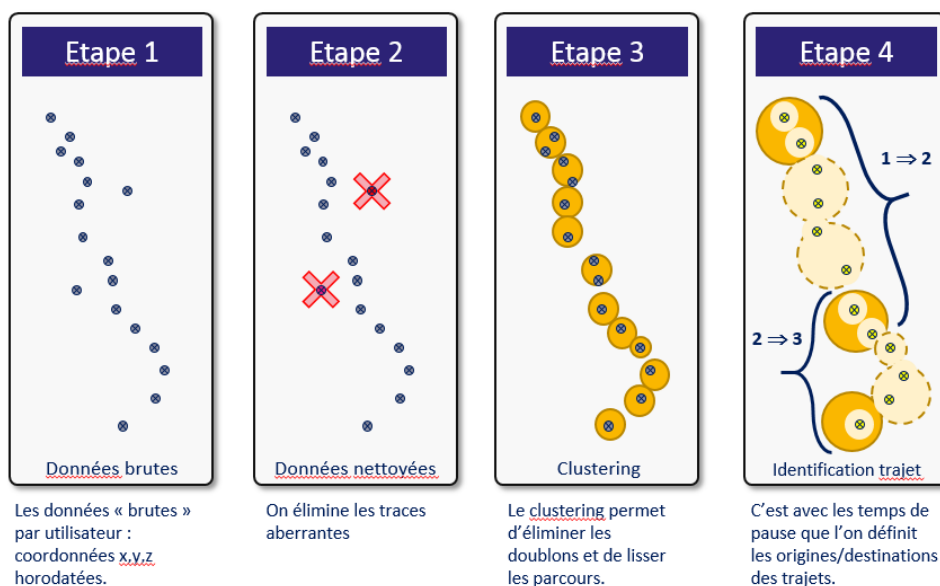


2.2.2. Nettoyage des traces GPS

La conversion des traces GPS en trajets nécessite une succession de traitements algorithmiques, pour d'abord nettoyer les données, puis transformer celles qui sont de qualité suffisante pour être exploitées.

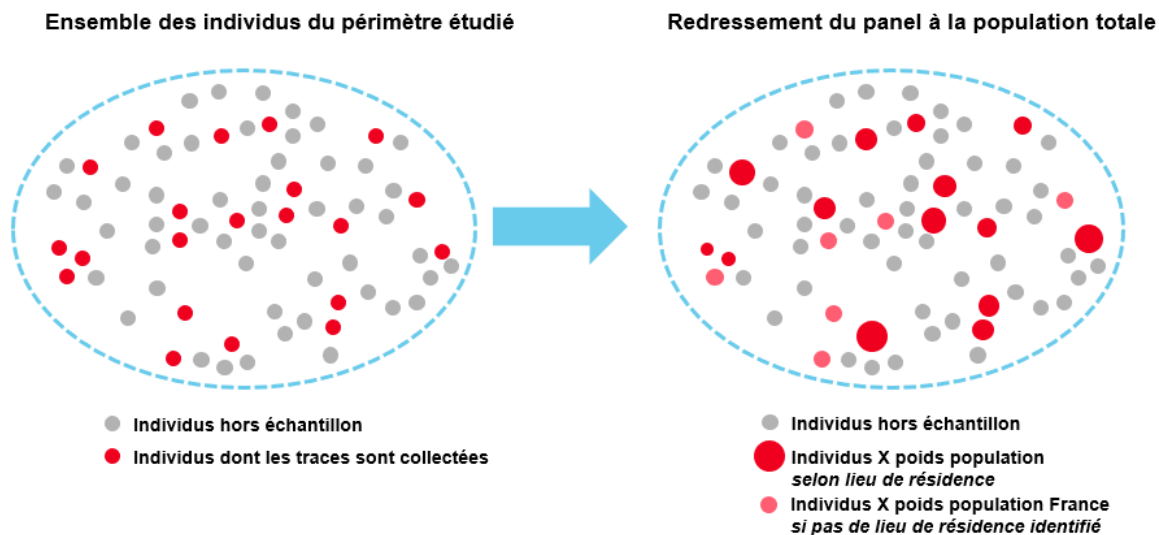
Les données GPS brutes offrent des niveaux de qualité et de précision très hétérogènes, selon l'état du téléphone et sa localisation (intérieur ou extérieur) ; la première étape consiste donc à supprimer les redondances, les traces aberrantes ou de qualité trop médiocre (étapes 1 à 3 ci-dessous).

La seconde étape consiste à détecter les déplacements des utilisateurs en fonction de leurs temps de pause, des ruptures dans les parcours, ainsi qu'un certain nombre d'autres paramètres. Les traces deviennent alors une succession de trajets (étape 4).



2.2.3. Redressement socio-démographique

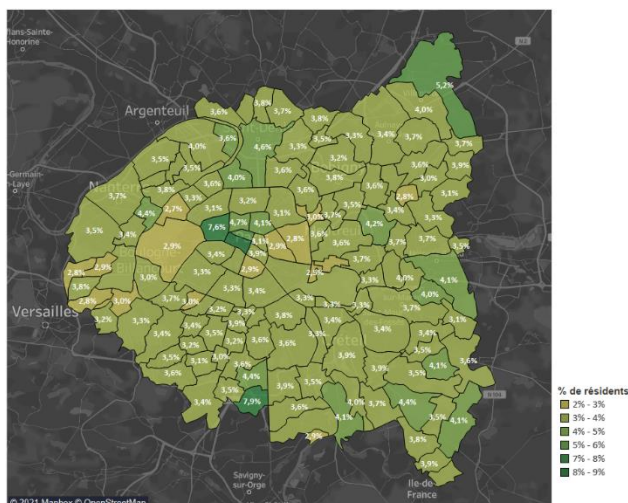
Une fois nettoyés, les échantillons étudiés doivent finalement être redressés car ils proviennent d'un panel limité d'individus observés et n'ont pas d'informations individuelles associées. Cette étape est nécessaire pour obtenir des volumes représentatifs de toute la population.



Ce redressement se fait en appliquant des coefficients à 2 échelles pour calibrer :

- 1) **La dispersion géospatiale** via la détection du lieu d'habitation des utilisateurs, en comparaison avec la population par zone géographique sur le territoire. Nous appliquons alors un poids « population » en fonction de la domiciliation de chaque individu (IRIS / commune / département). Nous comparons notre échantillon et les données publiques de population (INSEE en France) pour déterminer le poids « population » :
 - **Détection du lieu d'habitation des utilisateurs.** Chaque zone géographique a un nombre d'utilisateurs de l'application variable d'une zone à une autre.
 - **Comparaison du nombre d'utilisateurs par zone** par rapport au recensement de la population par IRIS (découpage géographique INSEE)
 - **Redressement à l'échelle de chaque zone géographique**, ici IRIS, en appliquant les bons coefficients par rapport à notre échantillon.

Exemple de couverture de l'échantillon (moyenne mensuelle sur Paris et petite couronne)



- 2) **La dispersion de mobilité** car nous ne captions pas 100% des déplacements de notre panel. Nous étudions pour cela la mobilité sur un sous-échantillon de “très haute qualité” : des profils pour qui nous collectons des données de façon constante sur une longue période. Cela nous permet d’appréhender les variations de mobilité selon les périodes (confinement, déconfinement, vacances, jours spéciaux...) et d’appliquer un poids « voyages » pour recomposer les déplacements non collectés pour certains utilisateurs (ex : le téléphone est éteint).

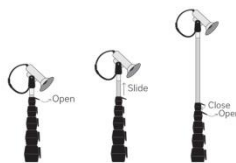
2.3. Caractéristiques de données de comptage vidéo

2.3.1. Méthode de collecte

Alyce dispose de caméras pouvant être fixées dans des conditions optimales dans l’espace public tout en disposant de l’autonomie suffisante pour automatiser la collecte :



Caméra Grand Angle
Vue globale sur la zone



Hauteur modulable
Jusqu’à 6,0m / Replié : 1,3m



Autonomie : 72h
168h avec le Power Pack

Avec autorisation par la Ville de Paris via la plateforme CITE, le système a été fixé à des poteaux de feu tricolore ou d’éclairage public permettant de filmer l’ensemble des voies du boulevard périphérique à 5 différentes portes et dans les deux sens. Une caméra par sens de circulation a été posée à chaque fois. Pour assurer la meilleure visibilité possible, ces emplacements sont principalement sur des ponts au-dessus de l’infrastructure, et hors toute zone de tunnel.

Ces caméras sont autonomes et n’ont nécessité aucun raccordement. Elles sont faites de trois composants : optique, carte SD et carte mère. Une application mobile permet de paramétrer à distance les caméras via un hotspot wifi sécurisé.

Après la collecte, ces données sont transférées et stockées sur des serveurs internes sécurisés localisés à Sceaux, en Ile-de-France.

2.3.2. Méthode de reconnaissance des véhicules spécifiques

Une fois les données collectées, un logiciel s’appuyant sur la technologie du « Deep Learning » permet de traiter automatiquement les vidéos des différents types de comptages. Cette technologie consiste à apprendre à la machine à reconnaître certaines formes. Ce logiciel permet donc à la fois de traiter les comptages en section, les comptages directionnels et les comptages des modes actifs. Afin de visualiser des exemples de traitement vidéo veuillez suivre le lien suivant :

<https://yt.vu/p/PLU5n91Bz7z02vQmdAlxe1WdClfTq4Iv-o>

Les différentes étapes de reconnaissances des véhicules spécifiques sont les suivantes :

Nettoyage des données avec le déchiffrement & le floutage des plaques et des visages
Sécurisation RGPD des données avec la suppression vidéos natives

Reconnaissance des véhicules avec le traitement automatisé en Deep Learning. Le logiciel est capable de distinguer les VP-VUL-PL-TC-2RM-Vélo-piétons. Il est ensuite couplé à des algorithmes de suivi du déplacement de ces formes afin de caractériser le sens de déplacement ou le mouvement des objets (comptages directionnels).

Reconnaissance des véhicules avec le traitement manuel des taxis. Le logiciel ne permet à date de reconnaître automatiquement ce type de véhicules. A noter que les véhicules de transport à la demande type VTC ne peuvent être reconnus par cette méthode car ils ne se distinguent d'aucune manière des véhicules légers à usage privé.

Protection des données avec suppression au plus tard 30 jours après la mission

2.4. Contrôles de cohérence

Afin de vérifier puis valider nos résultats, nous assurons un certain nombre de tests de cohérence à partir des données de mobilité complémentaires. Les résultats des tests réalisés sont fournis dans cette section.

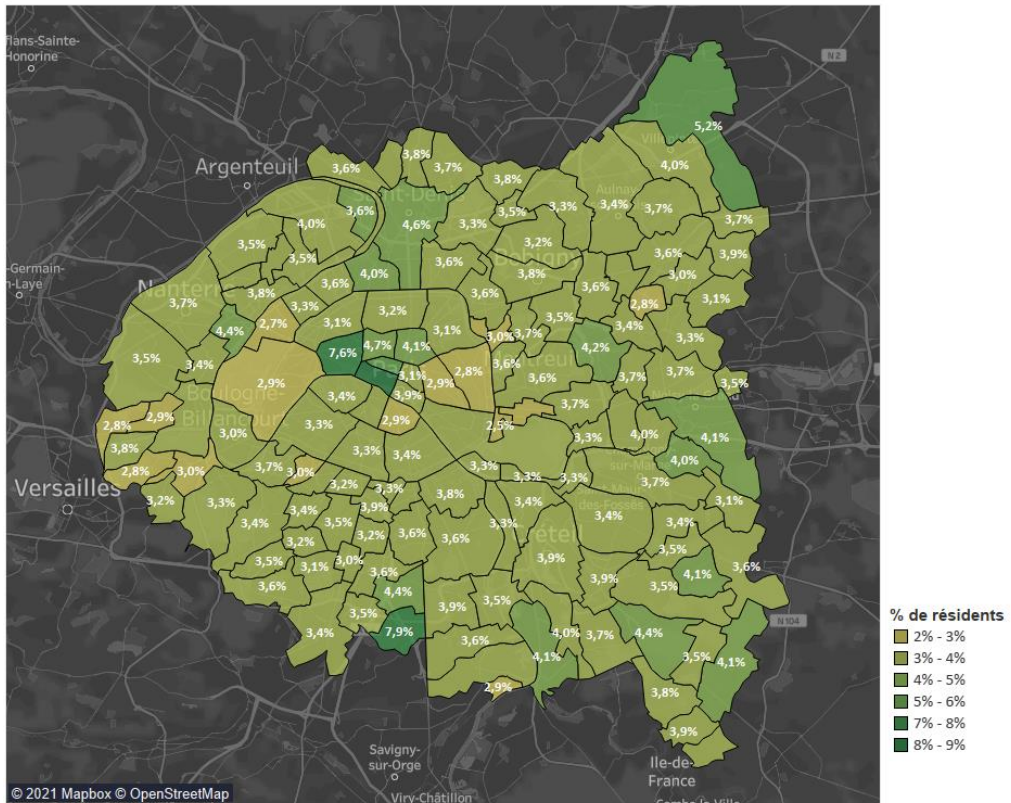
2.4.1. Domiciliation

Notre échantillon étant déjà vérifié sur toute la France (échelle départementale), nous nous assurons de plus que la couverture de l'échantillon est également satisfaisante à la maille communale, sur les zones et périodes étudiées.

C'est le cas pour cette étude centrée sur les déplacements des franciliens sur le Boulevard Périphérique puisque la couverture moyenne d'Ile-de-France est de 4% sur chacune des deux périodes d'étude. De plus, on observe une part de la population couverte supérieure à 2,5% sur toutes les communes de Paris & Petite Couronne (voir représentation spatiale ci-dessous).

Ces couvertures de l'échantillon, sur des communes sensiblement peuplées, garantissent la représentativité spatiale des données GPS pour cette étude. Cette répartition de domiciliation de l'échantillon permet en outre d'alimenter le redressement (voir 2.2.3).

Part de population couverte par l'échantillon - Paris & Petite Couronne

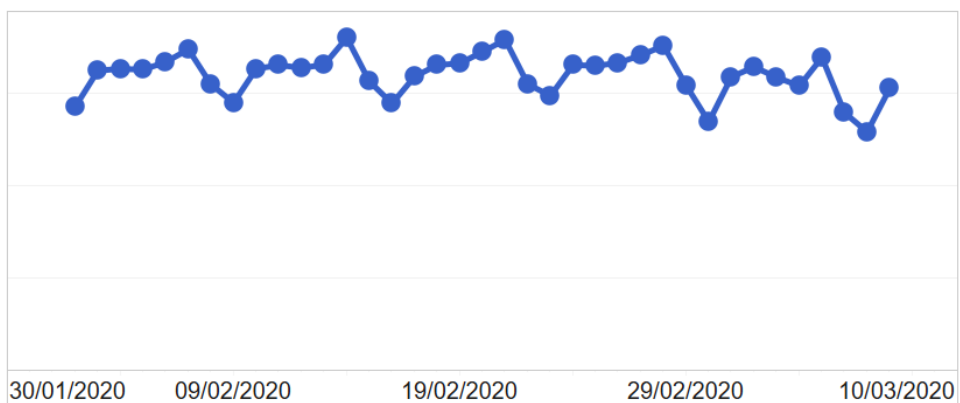


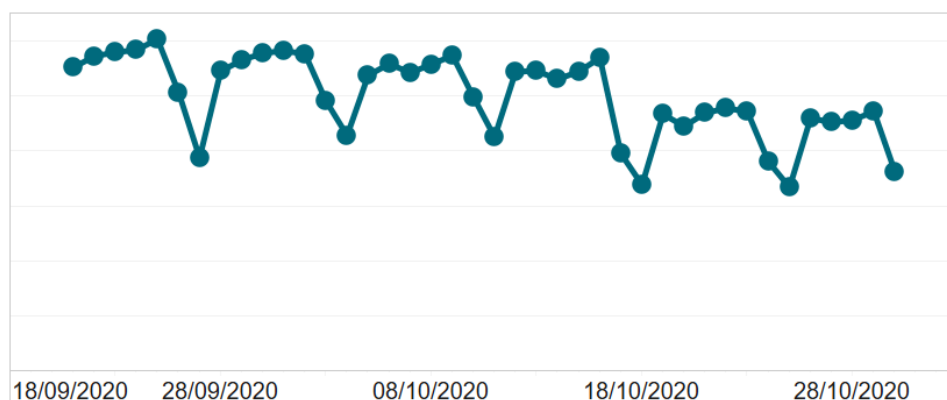
2.4.2. Saisonnalité

A partir des données GPS brutes, nous effectuerons un premier test de cohérence pour vérifier si les données sont consistantes sur toute la période étudiée et ont toutes pu être extraites.

Ci-dessous l'évolution des volumes journaliers des trajets GPS bruts empruntant le Boulevard Périphérique, sur les deux périodes d'étude.

Saisonnalité – déplacements empruntant le boulevard périphérique





La distribution hebdomadaire est très cohérente : forte baisse de volume de déplacement le dimanche, légère baisse le samedi et jour fort le vendredi (plus marqué avant la crise COVID et en veille de vacances scolaire).

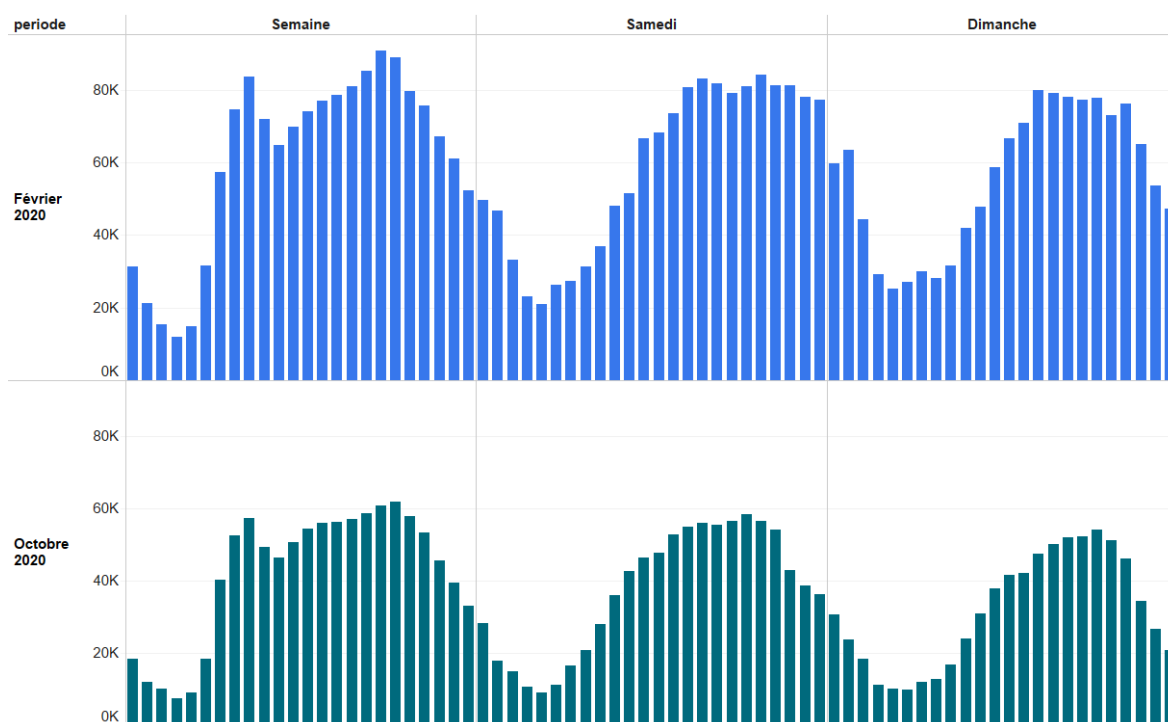
La saisonnalité est également très vraisemblable : volume stable en février 2020 avant une légère baisse début mars, puis décroissante continue en septembre-octobre avant une forte baisse observée pendant les vacances de la Toussaint 2020.

La cohérence saisonnière et hebdomadaire des données collectées assignées à un passage sur l'infrastructure d'étude est donc bien validée.

2.4.3. Distribution horaire

Nous vérifierons ensuite la cohérence de la répartition horaire des déplacements sujets de l'étude. Ci-dessous la distribution horaire des déplacement empruntant le boulevard périphérique en fonction du type de jour (jour de semaine – samedi – dimanche) ainsi que de la période d'étude.

Distribution horaire – déplacements empruntant le boulevard périphérique



On constate une répartition horaire assez “classique” en février 2020 : pointes matin et soir relativement marquées, forte activité le samedi soir, faible activité le dimanche matin, ...

En octobre 2020, les profils horaires s'écrasent fortement en soirée (particulièrement le samedi soir) et légèrement pendant les pointes.

Ces profils, cohérents avec les connaissances préalables de la mobilité en Ile-de-France lors de ces deux périodes, permettent de valider l'emploi de la donnée GPS pour quantifier et objectiver la mobilité traversante du Boulevard Périphérique.

2.4.4. Comptages routiers

La Ville de Paris met à disposition des données historiques de comptage routier issues des capteurs permanents, boucles électromagnétiques implantées dans la chaussée. Ces données sont produites par la Direction de la Voirie et des déplacements - Service des Déplacements - Poste Central d'Exploitation Lutèce.

Pour nos contrôles de cohérence, nous avons utilisé le débit, nombre de véhicules ayant passé le point de comptage à une heure donnée et un tronçon donné.

Comparaison avec les données de comptage video

Les données de comptages vidéo fournies par notre sous-traitant Alyce ont été comparées avec les boucles de comptages routiers. Pour cela nous avons utilisé les critères comparables suivants :

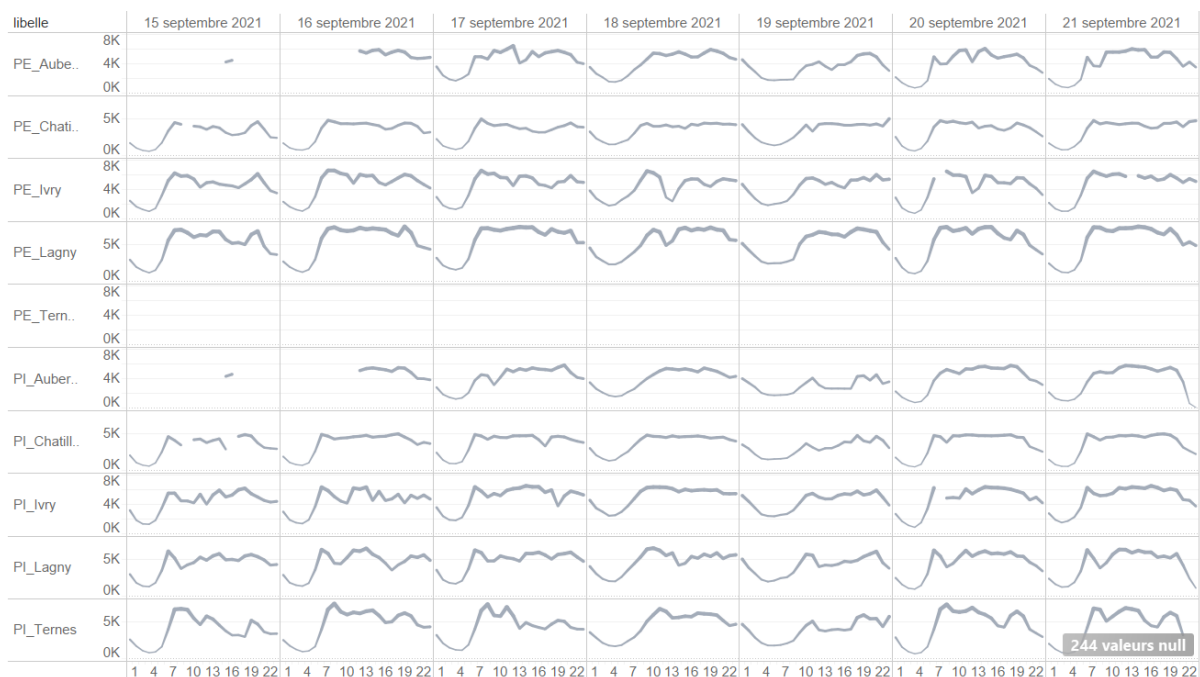
- Du mercredi 15 septembre au mardi 21 septembre
- Par tranches horaires de 00h00 à 23h59
- 5 emplacements avec chacun 2 directions (BPI & BPE)
 - Porte d'Ivry
 - Porte de Châtillon
 - Porte de Champerret
 - Porte de Vincennes
 - Porte d'Aubervilliers

Données Opendata manquantes

Les données de comptage routier Opendata présentent quelques problèmes avec des absences partielles ou totales de données :

- sur soit certaines boucles (Périphérique extérieur Porte de Champerret)
- soit à certaines dates (15/09/21 et 16/09/21).

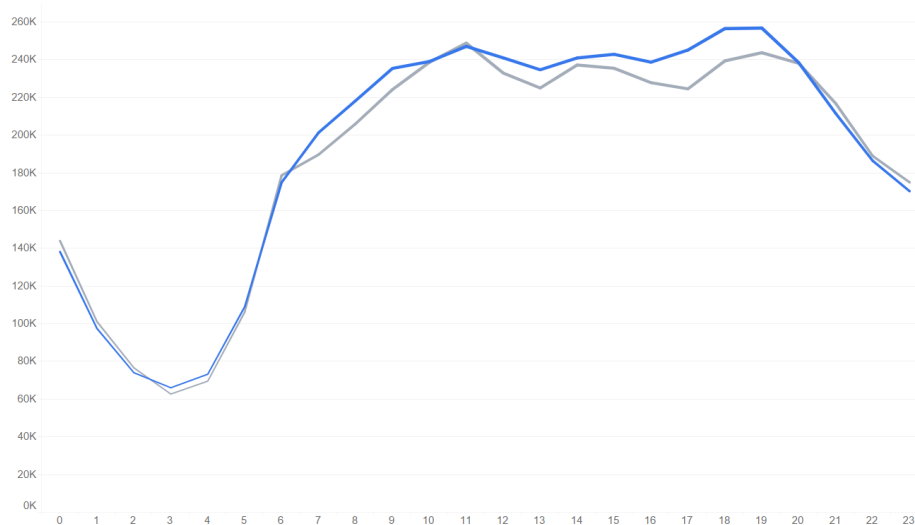
Nous ne pourrions comparer ces éléments car les données sont manquantes.



Evolution de la variation

En excluant les périodes indiquées ci-dessus, nous obtenons la comparaison brute suivante sur l'ensemble des données restantes :

Comparaison des données **Alyce** et **Opendata** par tranches horaires

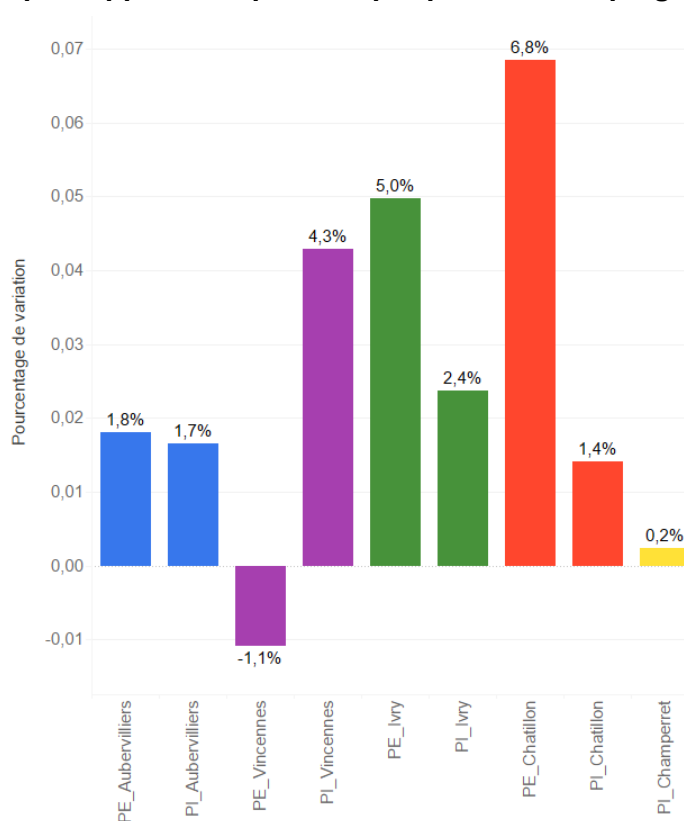


Pour six points de comptage nous observons des variations entre -1 et 2%, qui sont dans l'ordre de grandeur observé généralement avec ce type de technologies.

Pour 3 points de comptage, les variations sont plus importantes entre 4 et 7%. Ces différences pourraient être expliquée par des biais de collecte :

- Un redressement de la boucle par rapport au nombre de voies
- Des passages 2RM et véhicules entre les voies

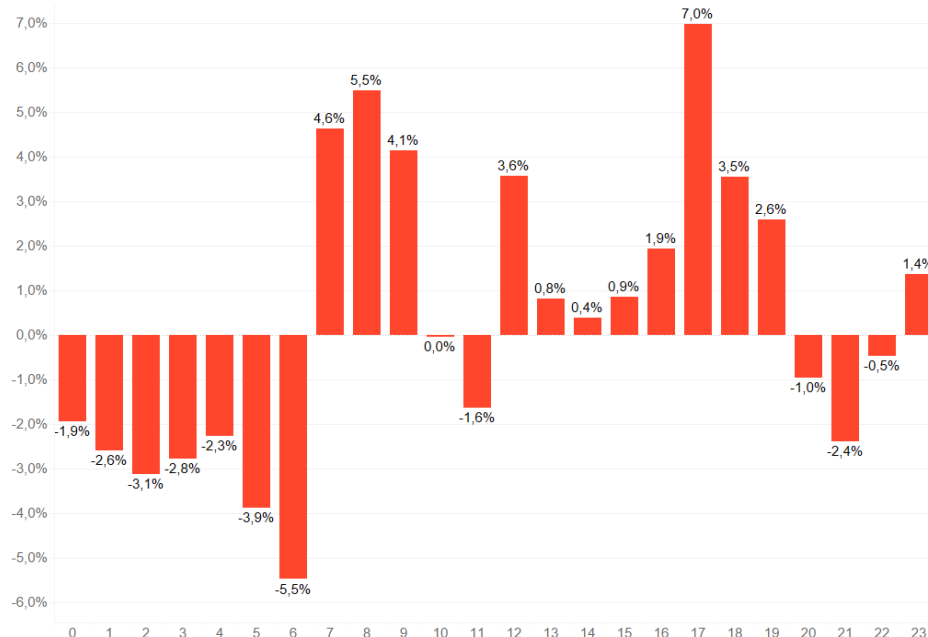
Taux de variation des comptages Alyce par rapport à l'Opendata par point de comptage



En analysant le taux de variation des comptages par tranche horaire, et ce seulement sur les 6 points de comptages ayant une variation inférieure à 2%, nous observons les phénomènes suivants autour des données caméras :

- sur-estimation des comptages caméra durant les heures de pointe matin, midi et soir
- une sous-estimation des comptages caméra durant les heures creuses, et ce particulièrement durant la nuit.

Taux de variation des comptages Alyce (6 localisations sur 10) par rapport à l'Opendata par tranche horaire



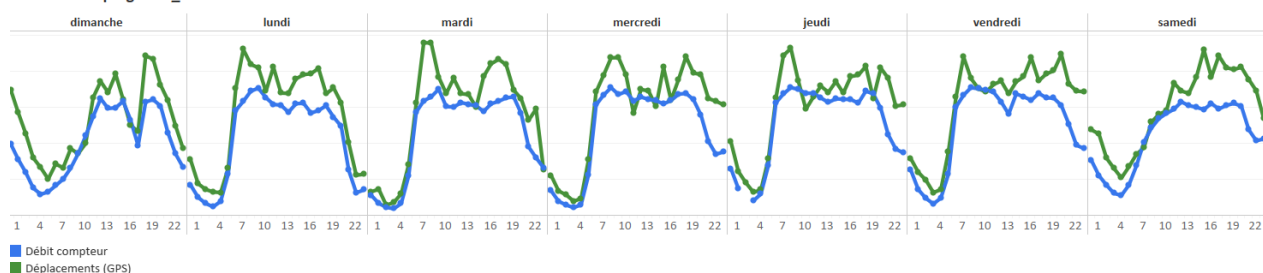
Comparaison avec les données GPS

Afin de vérifier la cohérence des données GPS, nous avons réalisé des croisements entre le nombre de passages comptés par les boucles de comptages routiers et le nombre de déplacements ayant été affecté à l'infrastructure correspondante (algorithme de "rooting" des traces GPS sur le réseau OSM).

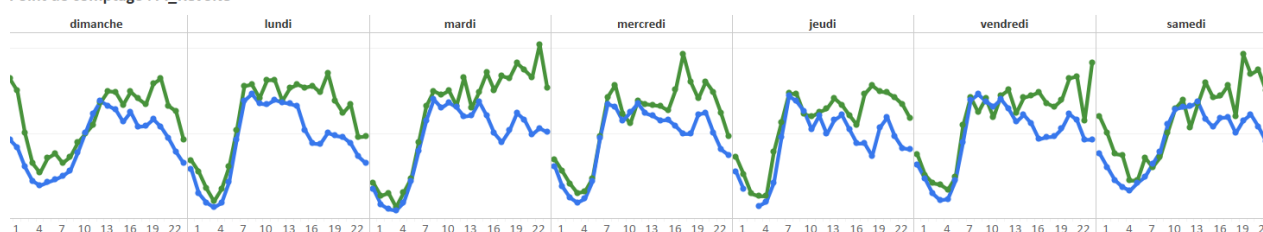
Même s'il est compliqué de comparer ces données différentes (passages de véhicules VS déplacements d'un individu), cela permet de s'assurer de la cohérence des données GPS pour mesurer la mobilité réelle et notamment la variation entre type de jour et tranches horaires.

Ci-dessous les courbes horaires et hebdomadaire de quelques comparaisons effectuées sur une semaine de février 2020 :

Comparaison entre débit de véhicules (compteurs) et nombre de déplacements (GPS)
Point de comptage : PE_Revolve

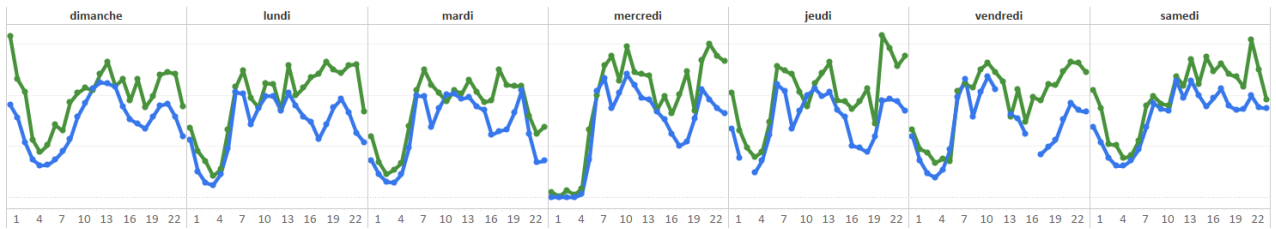


Comparaison entre débit de véhicules (compteurs) et nombre de déplacements (GPS)
Point de comptage : PI_Revolve



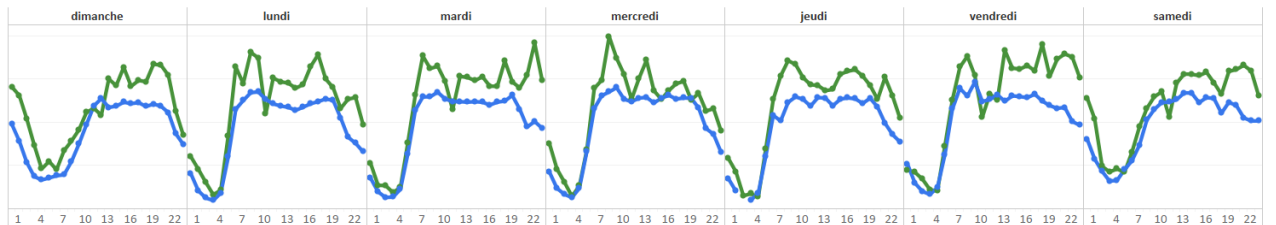
Comparaison entre débit de véhicules (compteurs) et nombre de déplacements (GPS)

Point de comptage : PE_Parc_Expo_Est



Comparaison entre débit de véhicules (compteurs) et nombre de déplacements (GPS)

Point de comptage : PI_Parc_Expo_Est



On constate dans un premier temps des ordres de grandeurs cohérents : le nombre de déplacements est entre 1,15 et 1,4 fois plus élevé que le nombre de passages relevés par les compteurs permanents sur ces exemples. Avec une forte variabilité, ces valeurs approchent un « taux d'occupation » moyen, tout véhicule confondu.

On observe de plus des variations hebdomadaires proches sur les différentes sections : la mesure de la mobilité issue des traces GPS est bien corrélée aux nombres de passages relevés par les boucles permanentes sur ces 4 sections test.

Enfin les variations horaires semblent se superposer correctement au cours de la journée, bien que présentant un peu plus d'écart sur certains jours et tranches horaires (heures de pointe matin et fin de journées de WE souvent surestimées par les données GPS par rapport aux comptages).

2.4.5. Echantillon non-représentatif

Toute catégorie ayant moins de 5 trajets bruts n'a pas de volumes indiqués car ils sont considérés comme non-représentatifs. Dans le cas présent, la maille la plus fine utilisée (à la bretelle, un jour type, sur une tranche horaire choisie) permet de travailler sur un échantillon brut au-dessus de ce quota.

2.4.6. Enquête des usages du boulevard périphérique parisien

Cette enquête publiée le 27 Janvier 2021 a été réalisée à l'automne 2020 avec 3 phases d'enquêtes terrains, et des enquêteurs placés à 16 portes du périphérique. Le panel d'enquête est constitué de 4 000 répondants dont 84% d'entre eux ont été identifiés en journée entre 7h et 21h et du lundi au dimanche.

La comparaison des deux méthodes reste discutable puisque les deux méthodologies d'enquête ne sont pas comparables.

Périmètre géographique

Le panel d'enquête des traces GPS comprend tous les trajets transitant par le périphérique, **quel que soient la porte d'accès à ce dernier**. Il inclut des flux qui ne sont pas représentés dans cette enquête des usages, notamment les flux transitant uniquement par les

échangeurs autoroutiers, ainsi que les flux des portes non enquêtées. De par le positionnement des enquêteurs, les usagers ayant pour origine ou destination la Ville de Paris sont surprésentés dans cette enquête.

- Dans notre enquête nous identifions environ **21% des trajets en accès ou en sortie** par échangeur autoroutier.
- Les portes et échangeurs non enquêtés représentent dans notre enquête **55% des trajets transitant par le périphérique**.

Ces différences de méthode se reflètent dans la comparaison des matrices O/D avec plus de trajets longue distance et ne transitant pas par Paris avec les données GPS (ci-dessous en **noir** les données de l'enquête des usages, en **vert** les données GPS)

	Paris	Petite couronne	Grande couronne	Hors IDF
Paris	27% 10%	17% 18,5%	3% 8%	0% 1,5%
Petit couronne	24% 17%	16% 20%	2% 6%	0% 1%
Grande couronne	7% 7%	4% 6%	0% 2%	0% 0,5%
Hors IDF	0% 1%	0% 1%	0% 0,5%	0% 0,5%

Périmètre temporel

Le panel d'enquête des traces GPS comprend tous les trajets transitant par le périphérique, quel que soient le jour et l'horaire du déplacement.

- Les trajets réalisés **la nuit représentent 19% des trajets réalisés** sur le périphérique durant un jour semaine et 20% le samedi en Octobre 2020.
- Les trajets réalisés **le dimanche représentent 11% de trajets hebdomadaires** réalisés sur le périphérique en Octobre 2020.

Méthode de collecte de temps et horaires de déplacements

Pour les deux sources de données, le temps de déplacement est calculé de la même façon : la différence entre l'heure d'arrivée à destination et l'heure de départ à l'origine. Toutefois, des différences existent dans la façon de collecter ces heures de départ et d'arrivée.

Pour les données GPS, c'est **le mouvement de l'individu qui détermine l'origine et la destination du déplacement**. Ainsi, les heures de départ et d'arrivée sont estimées grâce à l'horodatage de ces deux localisations. Pour l'enquête d'usage, **ce sont les enquêteurs qui interrogent directement les individus** pour connaître les heures de départ et d'arrivée de leur déplacement.

Pour un même déplacement, des écarts sont possibles selon que le temps de déplacement soit calculé à partir de données déclarées par les individus ou bien calculé à partir des données enregistrées par un Smartphone.

À Barcelone, les chercheurs Xavier Delclòs-Alió, Oriol Marquet et Carme Miralles-Guasch (2017) ont fait l'exercice de comparer les temps de déplacements mesurés avec des données GPS et des temps déclarés. Ils constatent qu'il existe des écarts de quelques minutes entre ces deux sources de données, avec des écarts qui peuvent être plus ou moins

conséquents selon le mode de transport utilisé ou même le genre de la personne qui se déplace. Par exemple, Delclòs-Alió, Marquet et Miralles-Guasch notent que les temps déclarés pour les déplacements en automobile ou les déplacements réalisés par des femmes sont, en général, sous-évalués de plusieurs minutes par rapport au temps enregistré par des GPS.

Des écarts sont constatés dans la comparaison des deux enquêtes avec une durée de parcours total des trajets transitant par le périphérique de **46 minutes dont 10 minutes** sur l'infrastructure (valeur médiane) avec les données GPS contre **38 minutes de trajet total pour 19 minutes** passées sur le périphérique (valeur moyenne) avec l'enquête d'usage.

A noter que dans l'enquête GPS, **le temps passé sur l'infrastructure n'inclut pas le temps passé sur les bretelles d'accès et de sortie**, il concerne uniquement le temps passé sur l'infrastructure du boulevard.

Motifs de déplacements

Les méthodes de reconnaissance des motifs de déplacements sont différentes avec l'une basée sur la reconnaissance de profils types associés à un comportement de mobilité caractéristique (les données GPS) et l'autre basée sur une déclaration orale de la personne interrogée.

Comme expliqué dans la section 3.3.1 ci-dessous et 3.3.2 ci-dessous, les déplacements GPS sont identifiés comme « Travail/Etudes » dès qu'ils sont en relation avec le lieu usuel de travail/études, cela inclut donc tous les trajets secondaires type « Déjeuner <> Travail/Etudes » ou « Loisirs <> Travail/Etudes ».

Les catégories proposées par l'enquête des usages sont différentes et trouvent leur équivalent de la manière suivante avec notre étude :

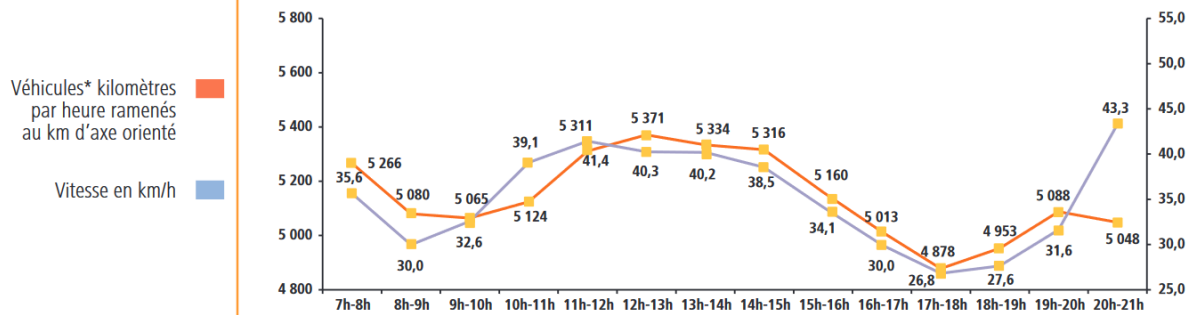
- Chauffeurs livreurs = Trajets professionnels courte ou longue distance (à noter que les trajets de livraison réalisés dans un véhicule léger seront identifiés comme trajets professionnels)
- Rdv professionnels = Travail/Etudes si ces derniers sont réalisés en relation avec le lieu de travail principal (en origine ou destination). Si le trajet n'a pas de lien avec le lieu de travail principal, ce dernier sera identifié comme Autres.
- Travail <> Activités personnelles = Travail/Etudes
- Domicile <> Activités personnelles = Autres

En réagrégeant ces catégories sur des définitions comparables, nous obtenons **17,9% de trajets professionnels courtes et longues distances en Octobre 2020** avec les données GPS. La valeur obtenue avec l'enquête des usages est de 18% des trajets chauffeurs livreurs. Ces résultats sont proches, cependant difficilement comparables et appréciables d'après tous les éléments décrits ci-dessus. Ce qui s'applique également pour les écarts très importants identifiés pour les trajets Travail/Etude et Autres par rapport à l'enquête des usages.

2.4.7. Vitesses de déplacement du bilan des déplacements 2019

Le Bilan des déplacements 2019 édité par la Mairie de Paris et la DVD exploitent les relevés de vitesse des boucles permanentes qui relèvent une vitesse moyenne de **34,5 km/h en jour de semaine** (de 7h à 21h), descendant jusqu'à 27 km/h en heure de pointe du soir.

➔ Évolution de la circulation automobile et de la vitesse au cours d'une journée sur le boulevard périphérique (moyenne jours ouvrables pour l'année 2019)



L'exploitation des données GPS pour les deux périodes d'étude relève des vitesses médianes supérieures : **53 km/h pour un jour moyen de semaine** (heures nocturnes incluses) sur l'ensemble des sections du boulevard périphérique, et 44km/h sur l'heure de pointe soir.

Ces écarts significatifs peuvent être en partie expliqués par les aspects suivants :

- Les vitesses issues des traces GPS ne prennent pas en compte les bretelles d'accès au BP (où la vitesse est nettement inférieure)
- Les deux roues motrices, moins sensibles aux ralentissements, sont peu ou partiellement suivi par les boucles permanentes.

2.5. Conformité RGPD

Le respect de la vie privée est au cœur des préoccupations de Kisio et de notre démarche dans l'utilisation des données. Kisio se positionne comme acteur d'analyse et valorisation de données GPS dans le but de comprendre et améliorer les offres de mobilité.

Les données brutes exploitées par Kisio sont collectées en accord avec le Règlement Général sur la Protection des Données (RGPD) : toutes les informations nécessaires à la compréhension des modalités et des finalités de traitement des données collectées sont fournies aux utilisateurs, et l'obtention de leur consentement éclairé et réversible est un prérequis pour recueillir leurs données. Conformément à la réglementation française, Kisio n'effectue donc aucun traitement de données qui n'est pas strictement nécessaire à la réalisation du service ou des analyses destinées à ses clients, et le cas échéant aux personnes concernées (usagers,...).

Dans ses échanges avec ses fournisseurs de données, préalablement audités, Kisio communique à travers un protocole d'échange de données sécurisé. Les données sont stockées et traitées sur des serveurs sécurisés localisés en France et administrés par Kisio. Kisio s'engage à ne pas revendre les données brutes à d'autres acteurs.

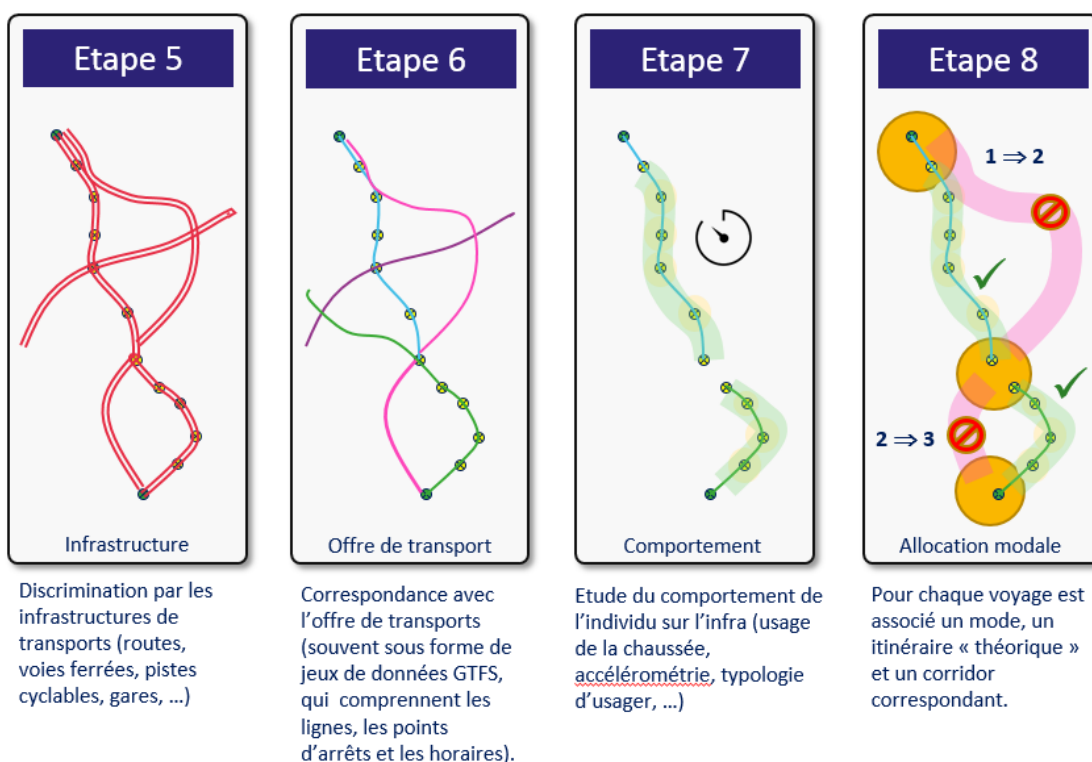
- Dans le but de protéger la vie privée des citoyens, les traces de données GPS brutes ne seront en aucun cas accessibles. Kisio ne fournit uniquement des données agrégées sous forme de matrice O / D.
- Conformément au RGPD, Kisio ne stocke les données brutes que pendant 13 mois consécutifs, après quoi elles sont définitivement supprimées.

3. TRAITEMENT DES DONNEES

3.1. Modes de déplacements

Les études sur le transport traditionnel se concentrent sur la collecte de données et l'analyse des conditions existantes des infrastructures de déplacement et des réseaux de transport en commun, et souvent au travers de différentes enquêtes axées sur un mode. Une différence fondamentale dans l'approche unique de Kisio est de séparer l'analyse des réseaux de la compréhension de la manière dont les gens voyagent - tous, pas seulement les usagers de la route ou bien des transports en communs.

Pour se faire, il s'agit d'allouer un ou plusieurs modes aux trajets GPS identifiés au travers d'un processus appelé « allocation modale ». Avec l'utilisation de différents algorithmes, les traces GPS sont recoupées avec de nombreuses données complémentaires telles que les tracés des lignes de transports, les capteurs de vitesse et d'accélérométrie, les directions des déplacements, les infrastructures routières,... (étapes 5 à 8 ci-dessous)



Cette allocation modale permet d'identifier les modes au niveau de granularité suivant :

- Piétons
- Modes actifs
- Véhicules
- Transports en commun avec distinction
 - Bus
 - Tramway
 - Métro
 - RER
 - Train

- Ferroviaire
- Aérien

Pour cette étude nous regrouperons les modes de déplacements en deux catégories uniques une fois l'allocation modale réalisées :

- Véhicules
- Autres modes

Pour les analyses en découlant, les données sont regroupées aux mailles temporelles et géographiques désirées. La seule contrainte reste celle de la fiabilité statistique. Ainsi, si les données brutes par mode à certaines mailles temporelles ou géographiques sont trop réduites, elles seront soit identifiées comme faiblement représentatives, soit non présentées dans les résultats. Pour compenser cela, il est toujours possible de prendre une maille temporelle et/ou géographique légèrement moins fines. Nous fournirons le meilleur compromis entre finesse et représentativité.

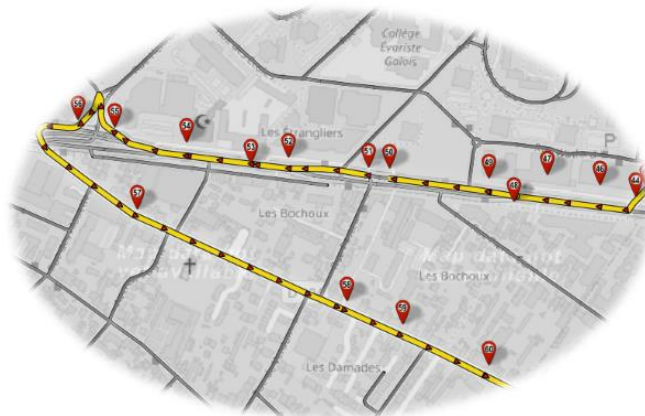
3.2. Voiries empruntées

Les traces GPS brutes (suites de points GPS) ne permettent pas directement d'être rattachées aux infrastructures routières. Il est pour cela nécessaire d'affecter aux trajets GPS la plus courte suite de segments routiers permettant de relier les points entre eux : c'est le "routing" ou map-matching. Notre algorithme se base sur le réseau Open Street Map (OSM) qui rassemble l'ensemble des infrastructures pour véhicules, cycles et piétons.

Cet algorithme d'enrichissement des données nécessite d'importantes ressources de calcul pour fonctionner sur un grand nombre de déplacements (recherche des plus courts chemins sous contraintes). Les trois axes suivants ont permis son exécution dans les délais :

- Augmentation de la puissance de calcul (serveur de calcul dédié)
- Limitation de l'échantillon d'intérêt aux seuls trajets ayant un point GPS dans la zone tampon des 400m autour du Boulevard Périphérique
- Affectation des segments OSM uniquement pour les parties des trajets concernés à moins de 4km de Paris.

Exemple de suite de points GPS affectés en jaune aux segments du réseau OSM



En les agrégeant, les trajets ainsi enrichis permettent non seulement d'accéder à des volumes de déplacements traversant une infrastructure cible, mais aussi d'accéder aux vitesses, distance ou durée médianes d'emprunt de l'infrastructure.

3.3. Motifs de déplacements

Les traces GPS sont une succession de points qui permettent de reconnaître un mode de déplacement : piéton, mode actif, véhicule, transport en commun, ferroviaire et aérien. Afin de caractériser les typologies de véhicules utilisés et les motifs de déplacement, nous employons deux méthodes complémentaires :

- **Caractérisation des flux professionnels** : Reconnaissance des traces GPS pour les motifs de flux logistiques et transport de personne. Permet d'avoir un panel de trajets pour en comprendre les usages.
- **Redressement par comptage vidéo automatisés** : Comptage permettant le redressement des traces GPS pour distinguer les types de véhicules ainsi que les motifs fret et logistique. Permet de fournir des volumes redressés pour chacun des modes et des motifs de déplacement.

3.3.1. Trajets « Travail/Etudes »

Les trajets à destination du lieu de travail et d'étude sont caractérisés et isolés car ce sont de lieux de déplacement habituels. Cette identification est réalisée à partir des comportements de mobilités réalisés. Aucune donnée socio-démographique ou personnelle n'a été utilisée pour identifier cette typologie de déplacement.

Pour chaque utilisateur, nous avons construit la méthode suivante :

1. Nota - Les lieux de résidence sont calculés en amont de cette méthode afin de redresser statistiquement le panel de données.
2. Identification de manière quotidienne des lieux fréquentés (hors lieu de résidence) où l'utilisateur s'arrête au moins 2 minutes.
3. Identification du nombre d'occurrences de ces lieux dans les traces de l'utilisateur avec le calcul du nombre de pauses marquées sur ces lieux.
4. Pondération des fréquentations de ces lieux les jours de semaine en distinguant plus particulièrement le samedi et le dimanche.
5. Pondération des périodes de fréquentation et particulièrement si l'utilisateur arrive et repart de ces lieux la nuit (est-il présent à 2h du matin en ce lieu ?)
6. Evaluation de la durée des pauses marquées dans les différents lieux fréquentés.
7. Application d'un index de règles normatives, basée sur ces différents critères.

Pour être catégorisé comme trajet « travail & études », ce dernier doit combiner plusieurs critères. La combinaison des différents indicateurs ci-dessus au sein de deux fonctions d'utilité distinctes va qualifier les lieux comme résidence ou lieux de travail possibles (certains indicateurs jouent un rôle similaire comme la durée des pauses mais d'autres peuvent avoir un rôle antagoniste comme la présence de l'utilisateur la nuit qui joue favorablement pour qualifier une résidence mais défavorablement pour un lieu de travail/études). Ces utilités permettent ensuite de classer les lieux entre eux : le lieu qui présente l'utilité « domicile » la plus forte va qualifier la résidence tandis que celui qui présentera l'utilité « travail/études » la plus importante à l'exclusion du domicile sera le lieu de travail/études habituel.

Les origines et destinations des déplacements d'un individu donné vont ensuite être marquées « Domicile » ou « Travail/Etudes » pour ajouter ces motifs sur les matrices.

Les déplacements réalisés avec une marque « Travail/Etudes » en origine ou destination seront donc catégorisés comme trajet « Travail/Etudes ». Ainsi, tous les trajets en relation avec le lieu usuel de travail/études seront catégorisés ainsi, cela inclut donc tous les trajets secondaires type « Déjeuner <> Travail/Etudes » ou « Loisirs <> Travail/Etudes ».

Un biais peut exister pour les utilisateurs qui auraient plusieurs lieux de travail non itinérants, par exemple une personne ayant deux ou trois lieux de travail réguliers. Notre méthode ne permet pas de reconnaître plusieurs de ces lieux pour des usagers non « professionnels » comme expliqué dans la section suivante.

3.3.2. Flux professionnels

Nous avons caractérisé et isolé les utilisateurs dit « professionnels », c'est-à-dire les individus dont la mobilité est le métier ou prépondérante dans leur activité professionnelle : taxis, VTC, livreurs, artisans et techniciens itinérants,... Cette identification est réalisée à partir des comportements de mobilités réalisés. Aucune donnée socio-démographique ou personnelle n'a été utilisée pour identifier cette typologie de déplacement.

Pour chaque utilisateur, nous avons construit la méthode suivante :

1. Nota - Les lieux de résidence sont calculés en amont de cette méthode afin de redresser statistiquement le panel de données.
2. Identification de manière quotidienne des lieux fréquentés (hors lieu de résidence) où l'utilisateur s'arrête au moins 2 minutes.
3. Evaluation de la distance parcourue de manière quotidienne.
4. Calcul de l'étendue géographique (par la dimension du rayon du cercle) des lieux fréquentés (hors lieu de résidence)
5. Evaluation du quartile de ces indicateurs sur l'ensemble de la période (cette solution est préférée à une simple moyenne ou médiane qui risquerait de trop lisser les résultats).
6. Application d'un index de règles normatives, basée sur ces différents critères.

Pour être catégorisé comme utilisateur « professionnels », ce dernier doit combiner les critères suivants :

- Nombre de lieux hors domicile élevés
- Lieux fréquentés le plus souvent éloignés les uns des autres (ce qui les distinguent des domiciles travail notamment) de manière fréquente (ce qui les distingue des utilisateurs réalisant des déplacements exceptionnels ou peu fréquents comme les courses, les visites, les sorties,...).

Les déplacements réalisés par les utilisateurs « professionnels » seront donc catégorisés comme trajet « flux professionnel ». Un biais peut exister car les déplacements non professionnels de ces utilisateurs ne seront pas distingués.

3.3.3. Véhicules spécifiques

Les traces GPS ne permettent pas de distinguer les types de véhicules motorisés hormis s'ils ont des comportements de mobilité significativement différents. Pour proposer une classification pertinente, nous utilisons des données complémentaires fournies par Alyce à partir de caméras automatisées et intelligentes.

Pour appliquer des typologies de véhicules à nos trajets en mode routier, nous avons appliqué la méthode suivante :

1. Correspondance entre les différentes sections du périphérique avec le positionnement des différentes caméras de collecte (5 sections et 2 directions à chaque fois).
2. Estimation de la répartition moyenne des sous-modes sur chaque section selon différentes catégories :
 - Type de jour : « lundi à vendredi » vs. « samedi/dimanche »
 - Heure de déplacement
3. Identification des sections traversées par chaque déplacement
4. Selon ces sections et les catégories retenues, estimation d'une moyenne des ratios entre les différents sous-modes.
5. Répartition d'un poids pour chaque déplacement
6. Création d'une matrice de déplacement incluant ces sous-modes détaillés.

A partir de cette méthode, les sous-modes suivants sont identifiées :

- véhicules particuliers (incluant VTC)
- deux roues motorisées
- taxis (hors VTC non caractérisables et affectés aux VP)
- véhicules utilitaires légers
- poids lourds
- bus & cars

Ces estimations sont appliquées de manière uniforme pour toutes les périodes étudiées dans cette étude. Nous avons considéré que la distribution des sous-modes identifiée en Septembre 2021 s'appliquait également durant les périodes historiques étudiées. **A ce titre, la distribution de ces sous-modes ne doit pas être comparée entre périodes, mais uniquement par horaire et section de périphérique.**

4. DEFINITION DES VARIABLES

4.1. Déplacement

Un déplacement est un mouvement dans l'espace effectué par un individu entre un lieu d'origine et un lieu de destination (Imbert et al., 2014⁴).

Dans les données GPS, c'est le mouvement de l'individu qui permet de déterminer le début et la fin d'un déplacement. En effet, au moment où un individu se déplace, la géolocalisation de son Smartphone se modifie. Le déplacement débute au moment où une première différence est observée avec la localisation d'origine. Et, le déplacement se termine, soit après 30 minutes sans nouvelle géolocalisation, soit lorsque 10 minutes se sont écoulées et que l'individu est resté à l'intérieur d'un rayon de 300 mètres.

A noter que dans les enquêtes quantitatives de transport type EMD, les déplacements sont définis par des motifs de déplacement (faire les courses, aller au travail, amener les enfants à l'école, etc.) qui correspondent à des activités réalisées au lieu de destination.

Dans les enquêtes de comptages routiers, la notion de déplacement n'existe pas, il s'agit de passages véhicule. Le volume des déplacements n'est pas connu puisque les taux de remplissage de chaque véhicule ne sont pas connus au travers de cette méthode.

4.2. Origine & Destination

Ces deux informations sont primordiales pour renseigner un déplacement puisque la première, l'origine, indique le lieu de départ du déplacement et la seconde, la destination, renseigne le lieu d'arrivée.

Dans les données GPS, les coordonnées « latitude » et « longitude » fournissent l'origine et la destination du déplacement de manière très précise (souvent avec une précision d'une dizaine de mètre par rapport à la position réelle de l'individu). Pour que les données soient plus fiables et reste anonymes, ces coordonnées sont regroupées dans un zonage à la maille de l'IRIS (ou TRIRIS dans le cas où la maille IRIS serait trop fine).

4.3. Temps de déplacement

Le temps de déplacement est calculé à partir de la différence entre l'heure d'arrivée à destination et l'heure de départ à l'origine.

Pour les données GPS, c'est le mouvement de l'individu qui détermine l'origine et la destination du déplacement. Ainsi, les heures de départ et d'arrivée sont estimées grâce à l'horodatage de ces deux localisations.

Dans les enquêtes qualitatives, ce sont des enquêteurs qui interrogent directement les individus pour connaître les heures de départ et d'arrivée de leur déplacement. Un biais peut exister de la méconnaissance ou l'oubli de l'horaire exact du déplacement réalisé.

⁴ Imbert, C., Dubucs, H., Dureau, F., & Giroud, M. (Eds.). (2014). *D'une métropole à l'autre: pratiques urbaines et circulations dans l'espace européen*. Armand Colin.

4.4. Distance de déplacement

La distance de déplacement est calculée à partir de la longueur du trajet parcouru entre l'adresse d'origine et l'adresse de destination.

Pour les données GPS, c'est la somme des distances entre chaque point de la trace qui permet de connaître la distance totale parcourue au cours du déplacement.

Dans de nombreuses enquêtes, la méconnaissance du trajet exact parcourue oblige les enquêteurs à analyser uniquement les distances de déplacement à vol d'oiseau en traçant une ligne directe entre l'adresse d'origine et l'adresse de destination.

4.5. Vitesse de déplacement

La vitesse d'un déplacement est calculée grâce au rapport entre la distance du déplacement et sa durée.

Pour les données GPS, le calcul de cette vitesse est réalisé selon cette méthode. Aucun traitement particulier n'est réalisé. La précision des données affectées à l'infrastructure routière permet cependant de caractériser cette vitesse des trajets segmentés, et donc avec une précision très fine sur chaque axe.

CONCLUSION DE L'ETUDE

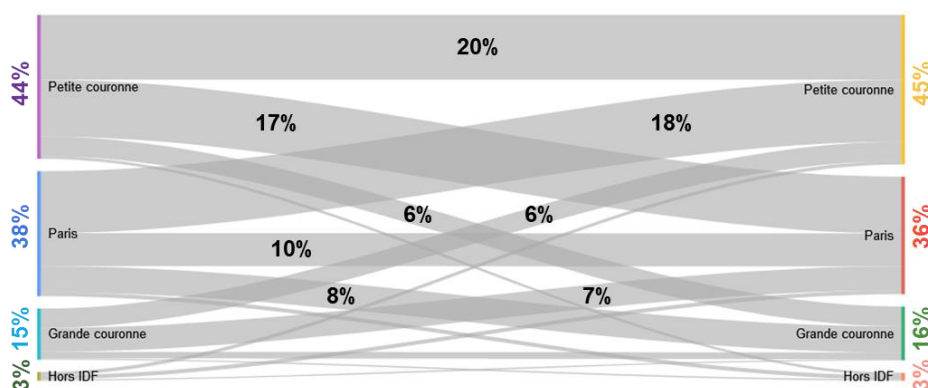
Une meilleure compréhension des usages

Cette étude basée sur l'exploitation d'un échantillon de traces GPS issues de smartphones d'une part et de comptages vidéo avec distinction de mode d'autre part permet d'alimenter la **compréhension des usages du boulevard périphérique** par les automobilistes.

Environ **1,5 millions de trajets** sont réalisés sur le périphérique parisien durant un jour type en semaine. Le nombre de trajets réalisés sur l'infrastructure **diminue de 3% le samedi, et de 9% le dimanche** où les flux en heures de pointe et à motif « Travail/Etudes » sont divisés par trois, au profit d'usages d'avantage loisirs et des heures creuses du midi et du soir.

L'essentiel (95%) des déplacements empruntant le périphérique est interne à l'Île-de-France, dont **la majorité (70%) concerne la petite couronne** (en origine ou en destination). **Les flux entre Paris et sa banlieue restent dominateurs (plus d'un trajet sur deux)**, suivis par **d'importants flux internes à la petite couronne** (20% des trajets), des échanges entre petite et grande couronne (12%) et enfin les déplacements intramuros (10%).

Répartition des flux Origine/Destination empruntant le périphérique
Jour de semaine, Février 2020



Après Paris, ce sont **les communes de proche banlieue** (Saint-Denis, Aubervilliers, Montreuil, Boulogne-Billancourt, Ivry-sur-Seine, ...) qui génèrent le plus de trajets en semaine sur le boulevard périphérique. A noter que seul 15% des trajets visant Paris trouvent leur destination dans l'un des 11 premiers arrondissements centraux.

Avec la crise sanitaire, la mobilité **baisse de 31% en jour de semaine** entre février 2020 et octobre 2020. Cette baisse est encore plus marquée le samedi (-37%) et le dimanche (-43%), et concerne en priorité les motifs « Travail/Etudes » et « Autres », alors que **les flux professionnels sont moins impactés**. Conséquence directe du contexte sanitaire du mois octobre (sorties et regroupements nocturnes fortement dissuadés), la **mobilité nocturne baisse jusqu'à 55% les WE**.

L'Est du périphérique (délimitées au nord par la Porte de la Chapelle et au sud par la Porte de Gentilly) **est d'avantage utilisé** (15% plus de déplacements en jour de semaine), ce qui est moins le cas avec l'avènement du télétravail post pandémie (seulement 10% de plus de déplacements à l'Est en Octobre 2020).

La médiane des vitesses moyennes enregistrées sur le périphérique (hors bretelles) à l'aide des traces GPS est **de 53km/h en semaine**. Cette vitesse médiane varie entre 30km/h et 65km/h en fonction de la tranche horaire et de la section considérée.

Le périphérique apparaît comme un **axe connecteur local**. Connecteur car le périphérique est emprunté moins de 10 minutes sur 4,5 km sur des trajets globaux de 43 minutes et 18 km au total (médiane des usages). Local car 97% des déplacements y transitent visent à connecter les voiries locales (et non à relier 2 autoroutes). En semaine, 1 trajet sur 5 seulement accède à l'infrastructure depuis un **échangeur autoroutier** (avec par ordre d'importance A1, A3, A4, A6b, A13 et A6a).

L'étude des usagers

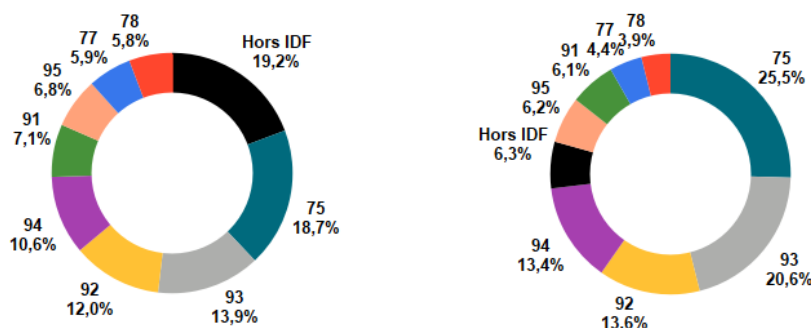
12 millions d'utilisateurs mensuels uniques empruntent le boulevard périphérique en période avant Covid, mais **seuls 10% des usagers réalisent 50% des trajets** et 9% des usagers réalisent 50% de la distance parcourue sur l'infrastructure.

D'un point de vue récurrence, **plus de 9 usagers sur 10 utilisent le périphérique de manière occasionnelle** 1 à 2 jours par semaine, et pourtant ces utilisateurs ne représentent **que 6 trajets sur 10**. Les utilisateurs plus réguliers utilisent plus fréquemment plusieurs fois par jour le périphérique, en particulier durant les heures de pointes du soir et en heures nocturnes.

Le boulevard périphérique est utilisé au-delà des frontières de l'Île-de-France (19% de ses usagers), mais c'est bien les résidents limitrophes qui utilisent plus intensément l'infrastructure : **1 quart des déplacements y sont réalisés par des parisiens, 1 sur 5 par les habitants de la Seine-Saint-Denis**.

Lieux de résidence des usagers du boulevard périphérique (Février 2020)

Répartition des usagers (nombre d'utilisateurs) Répartition des usages (nombre de déplacements)



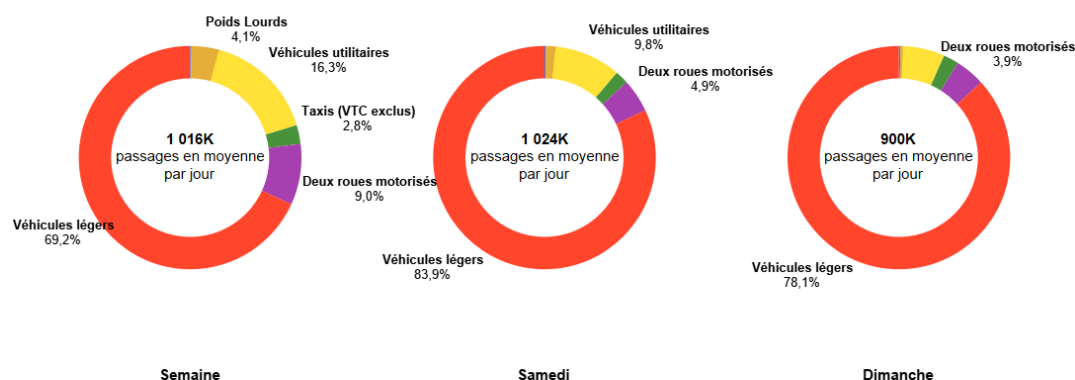
Le détail des véhicules empruntant le boulevard périphérique

Le boulevard périphérique est emprunté par un mix important de types de véhicules et modes de déplacements avec en semaine :

- **77% des passages avec un véhicule personnel** (inclus VTC) dont 9% de deux roues motorisées
- **23% des passages avec un véhicule à usage professionnel** (Cars, Taxis, VUL, PL)

L'usage des véhicules professionnels est réduit de moitié le weekend avec des nuances marquées, d'une part une forte baisse des poids lourds, et une baisse moindre des véhicules utilitaires et plus faible encore pour les taxis et bus & cars.

Evolution hebdomadaire des parts modales transitant par le boulevard périphérique Nombre de passages quotidiens sur les 5 points de comptage



La part des poids lourds est nettement supérieure dans le quart sud-est du boulevard périphérique.

Les données GPS : bilan et potentiel pour l'étude des usages

Cette étude a mobilisé des **données massives** afin de mieux comprendre les usages relatifs à une infrastructure routière structurante et médiatisée. Au total, **5 millions de trajets** (traces GPS) ont été traités et alloués au réseau routier d'Île-de-France, et de **nombreux indicateurs** (fréquentations, O/D, vitesses, accès, domiciliations, distances, ...) ont été **calculés et restitués via une plateforme en ligne** (<https://www.lab.mobility-patterns.com/visiopulse/rapports/tableaux-de-bord/243>), dont ce rapport en fait la synthèse et l'analyse. Cette plateforme a également vocation à être exploitée pour répondre à des problématiques plus spécifiques. L'utilisation complémentaire de caméras de comptage vidéo a également apporté une vision plus complète sur les modes détaillés des véhicules circulant sur le périphérique.

Cette étude, comme celles liées aux 2 autres lots, a permis d'explorer et tester la pertinence des traces GPS pour appuyer les services de la collectivité dans la connaissance et la gestion des voiries.

Quelques axes de progression ou de poursuite identifiés par l'étude :

- Convenir d'un zonage spécifique plus adapté à certaines problématiques (regroupement des mailles INSEE en fonction d'autres unités territoriales ou de la distance à l'infrastructure)
- Cibler des enchainements routiers particuliers ou des études d'accès
- Explorer les densités de déplacements générés (en fonction de la population de chaque zone ou de leur distance à l'infrastructure)

L'exploitation des traces GPS se heurte néanmoins à certaines limites :

- Les limites liées à l'échantillonnage (environ 4% de la population suivie) qui rend difficile d'un point de vue statistique et réglementaire une exploitation de faible flux (O/D peu volumineuse sur une bretelle spécifique par exemple).

- Les méthodologies employées, basées sur les comportements constatés par les déplacements GPS, ne sont pas toujours comparables à d'autres sources (notamment avec les motifs déclarés dans le cadre des enquêtes)
- Ces deux dernières restrictions s'appliquent à l'étude des taux de remplissage des véhicules, trop sensibles et variables d'une part à l'échantillon disponible, mais aussi aux difficultés de comparaison des déplacements GPS avec les comptages ponctuels (passages) par des boucles de comptage.

Siège - 20 rue Hector Malot 75012 PARIS
Lyon - 50 cours de la République 69100 VILLEURBANNE

mobility-patterns.com

Patterns

