

Tour Eiffel

Etude de flux aux abords du monument

Analyse des comptages et simulations dynamiques de flux piétons – Actuel / Projet de sécurisation du parvis sur les bases d'une modélisation AREP

Sommaire

1. Comptages par CPEV	P 4
2. Analyse globale des flux piétons	P 6
3. Analyse dynamique de l'aménagement actuel	P 17
4. Synthèse du fonctionnement actuel selon les parcours	P 25
5. Analyse dynamique de l'aménagement projeté	P 32
6. Analyse comparative des modélisations	P 39
7. Files d'attente	P 41
8. Conclusion	P 46
9. Annexes	P 48

1. Comptages (réalisés par CPEV)

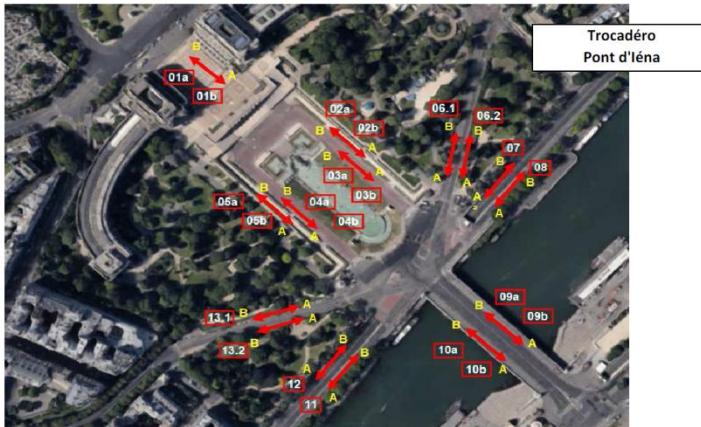
1. Comptages par CPEV

Etude de flux piétons basée sur des comptages / enquêtes de CPEV

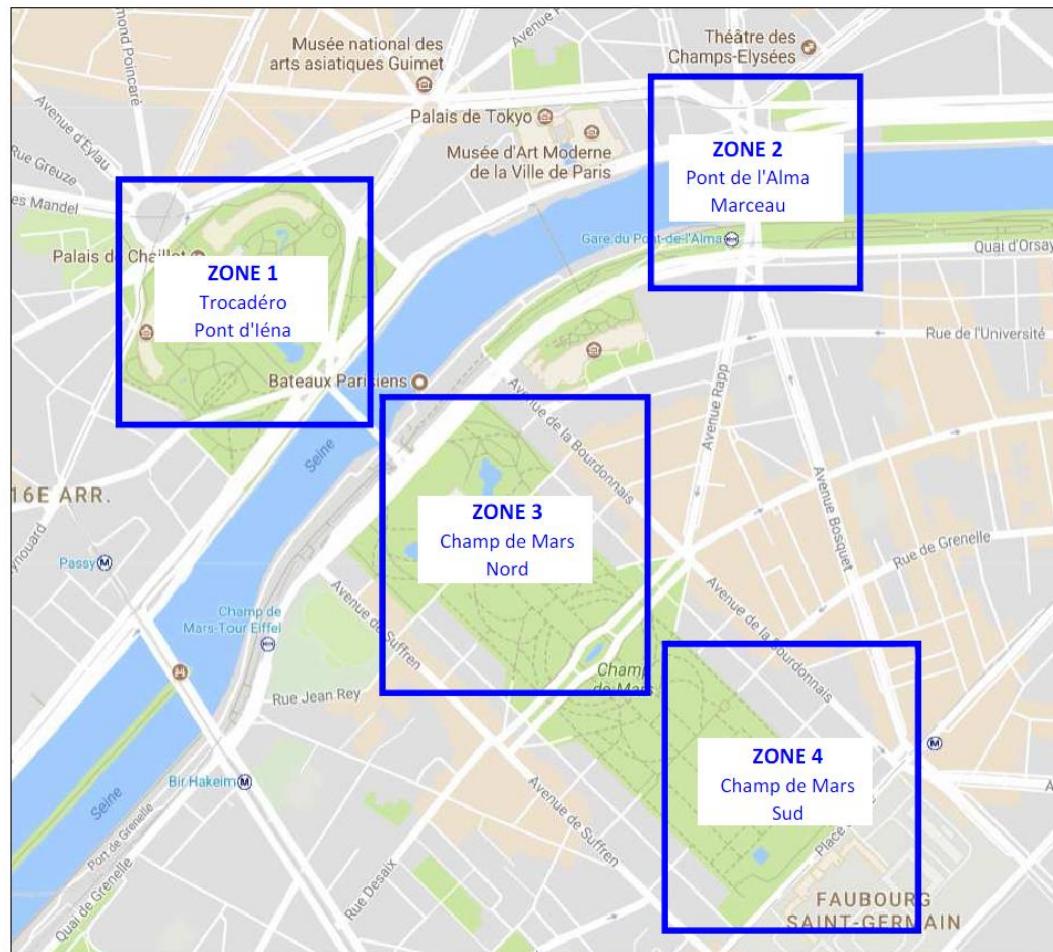
2 jours de comptages ont été réalisés en août 2017 : le jeudi 17 et le mercredi 23.

Plans de repérage des points de comptage pour 1 zone

Zone 1



Plan de repérage des zones d'enquêtes



L'ensemble des analyses du présent document est basé sur les données de comptages recueillies lors de ces 2 journées de comptages.

2. Analyse globale des flux piétons

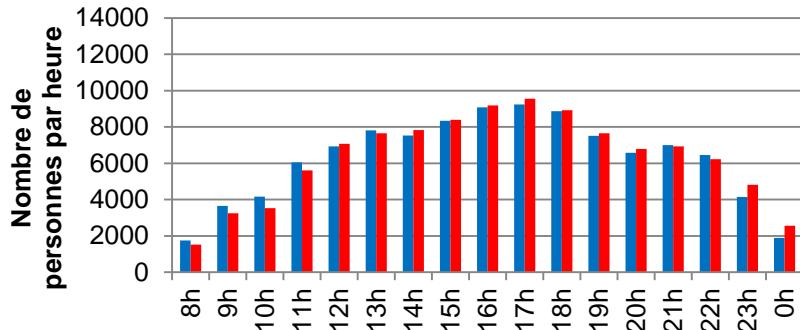
2. Analyse globale des flux piétons

Analyse des deux journées de comptage

Jeudi 17 août 2017

131 000 entrants

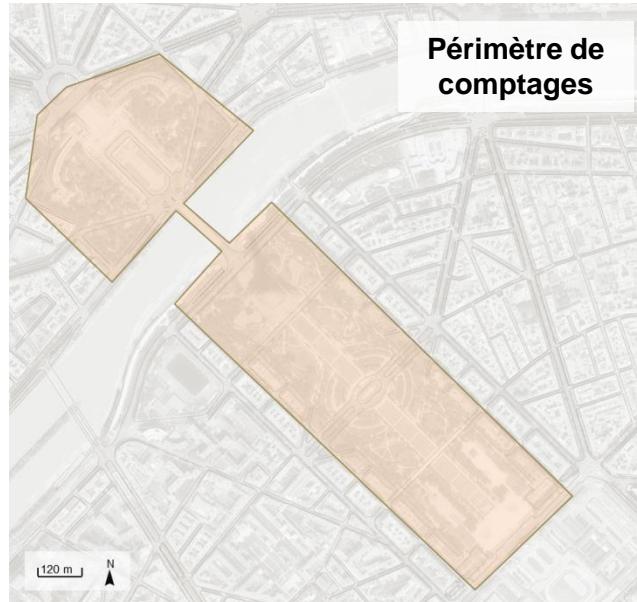
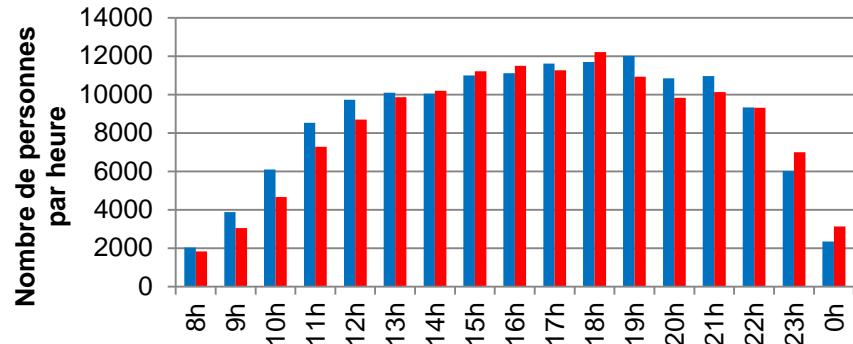
127 000 sortants



Mercredi 23 août 2017

160 000 entrants

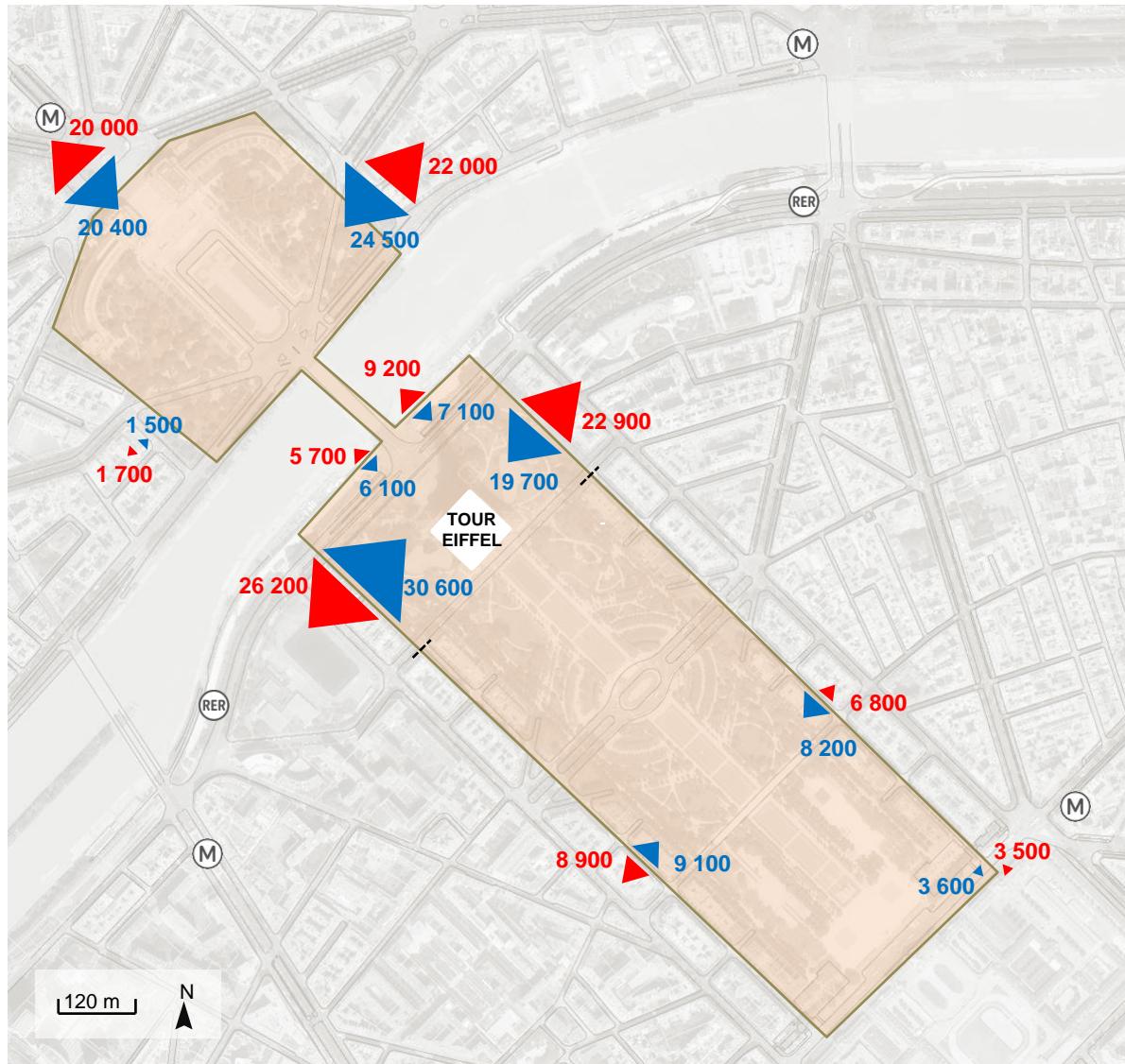
152 000 sortants



NB : Seules les personnes à pied sont comptabilisées
→ Non prise en compte des personnes déposées par
des bus et des voitures à l'intérieur du périmètre

2. Analyse globale des flux piétons (jeudi 17 août 2017)

Entrées et Sorties sur le périmètre



Légende

- Périmètre de comptages
- Sortants du périmètre
- Entrants dans le périmètre
- Nombre de sortants du périmètre sur la journée de comptages
- Nombre d'entrants dans le périmètre sur la journée de comptages

130 000 passages sur la journée (8h – 1h) dans le périmètre

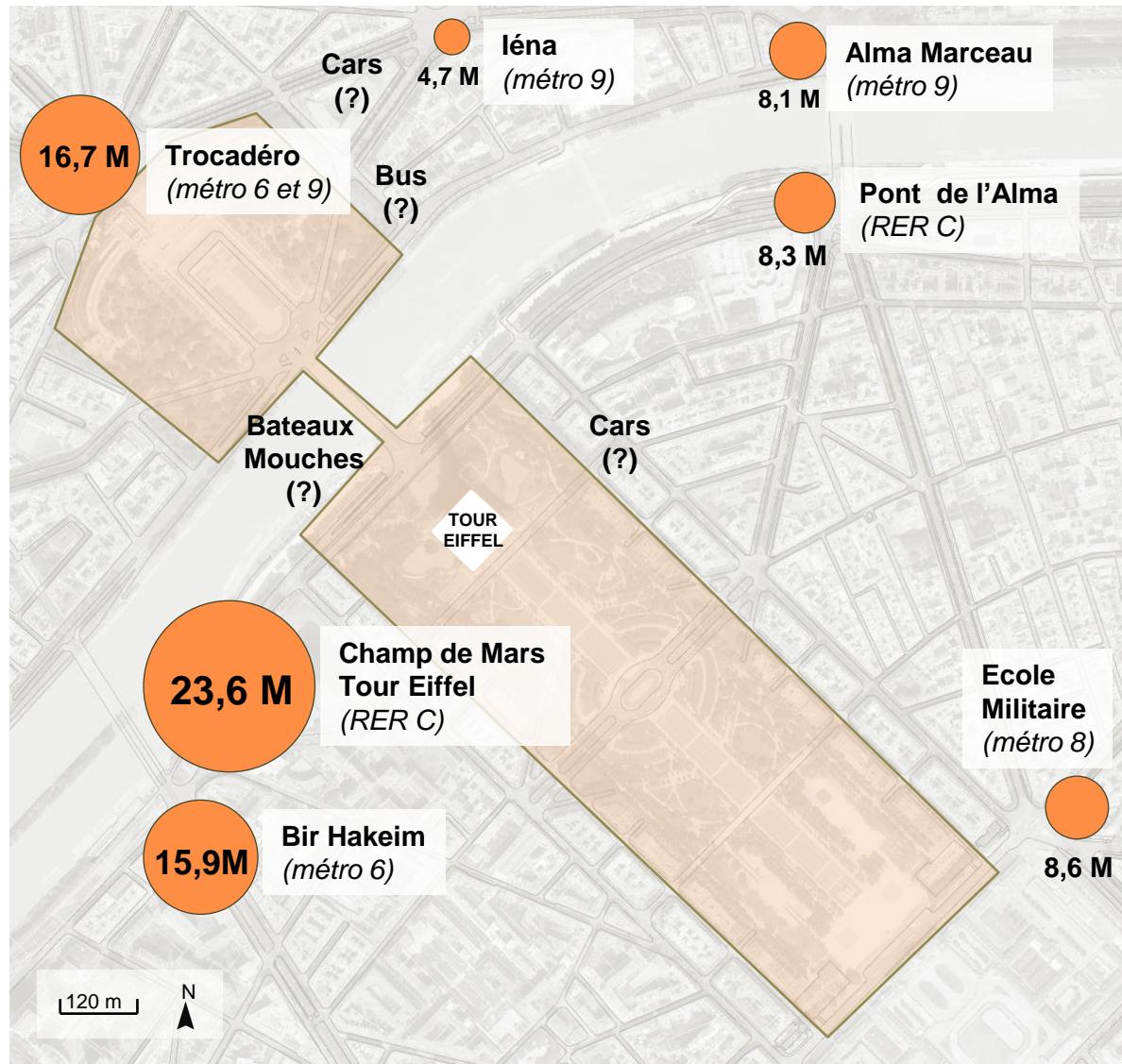
On observe 4 principaux points de forte fréquentation sur le périmètre de comptages :

- Bir Hakeim + Tour Eiffel Champ de Mars
- Musées (Nord Est)
- Trocadéro (Nord Ouest)
- Quai Branly / Musée

Les échanges entrée / sortie sont globalement équivalents pour un même point d'accès au périmètre.

2. Analyse globale des flux piétons (jeudi 17 août 2017)

Fréquentation des Transport en Commun desservant le site



Légende

Périmètre de comptages

Fréquentation annuelle* de chaque gare / station (Arrivants + Partants) en 2016

Les stations les plus fréquentées sont :

- Champ de Mars-Tour Eiffel (près de 30%)
- Trocadéro (~20%)
- Bir Hakeim (~20%)

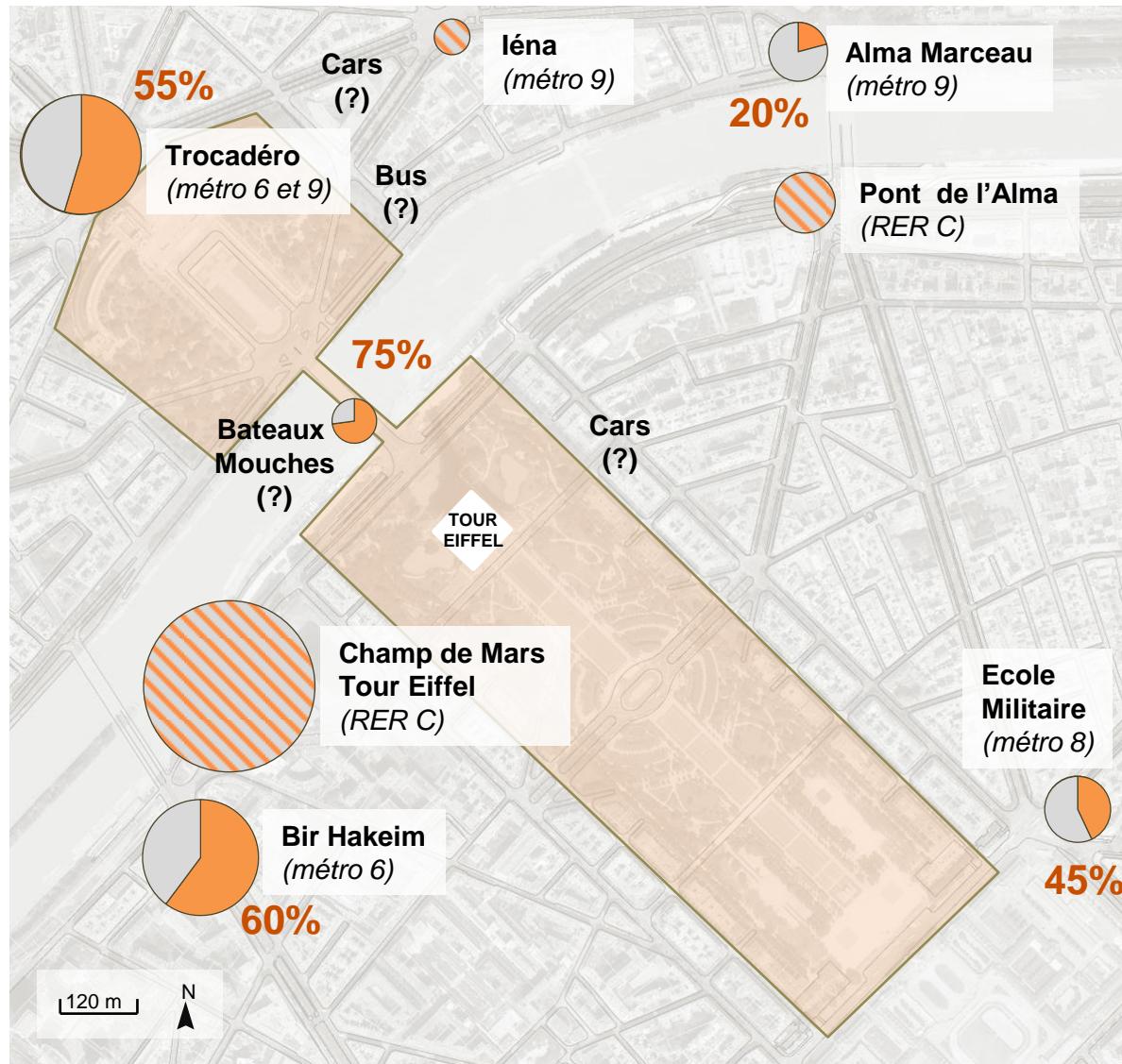
Les stations de RER étaient fermées lors des comptages du 17 et du 23 août 2017.

Pas de données de fréquentation recueillies pour les Bateaux Mouches, les Bus RATP et les cars.

* Hypothèse : le nombre d'arrivants est égale au nombre de partants

2. Analyse globale des flux piétons (jeudi 17 août 2017)

Fréquentation des Transport en Commun desservant le site



Légende

- Périmètre de comptages
- Parts d'enquêtés en lien avec la Tour
- Parts d'enquêtés sans lien avec la Tour

¾ des usagers des bateaux mouches sont en lien avec la Tour Eiffel.

Les stations Bir Hakeim et Trocadéro sont celles les plus en lien avec la Tour Eiffel (2/3 des usagers environ).

Les stations de RER étaient fermées lors des comptages du 17 et du 23 août 2017.

Pas de données de fréquentation recueillies pour les Bateaux Mouches, les Bus RATP et les cars.

Hypothèse : le nombre d'arrivants est égale au nombre de partants

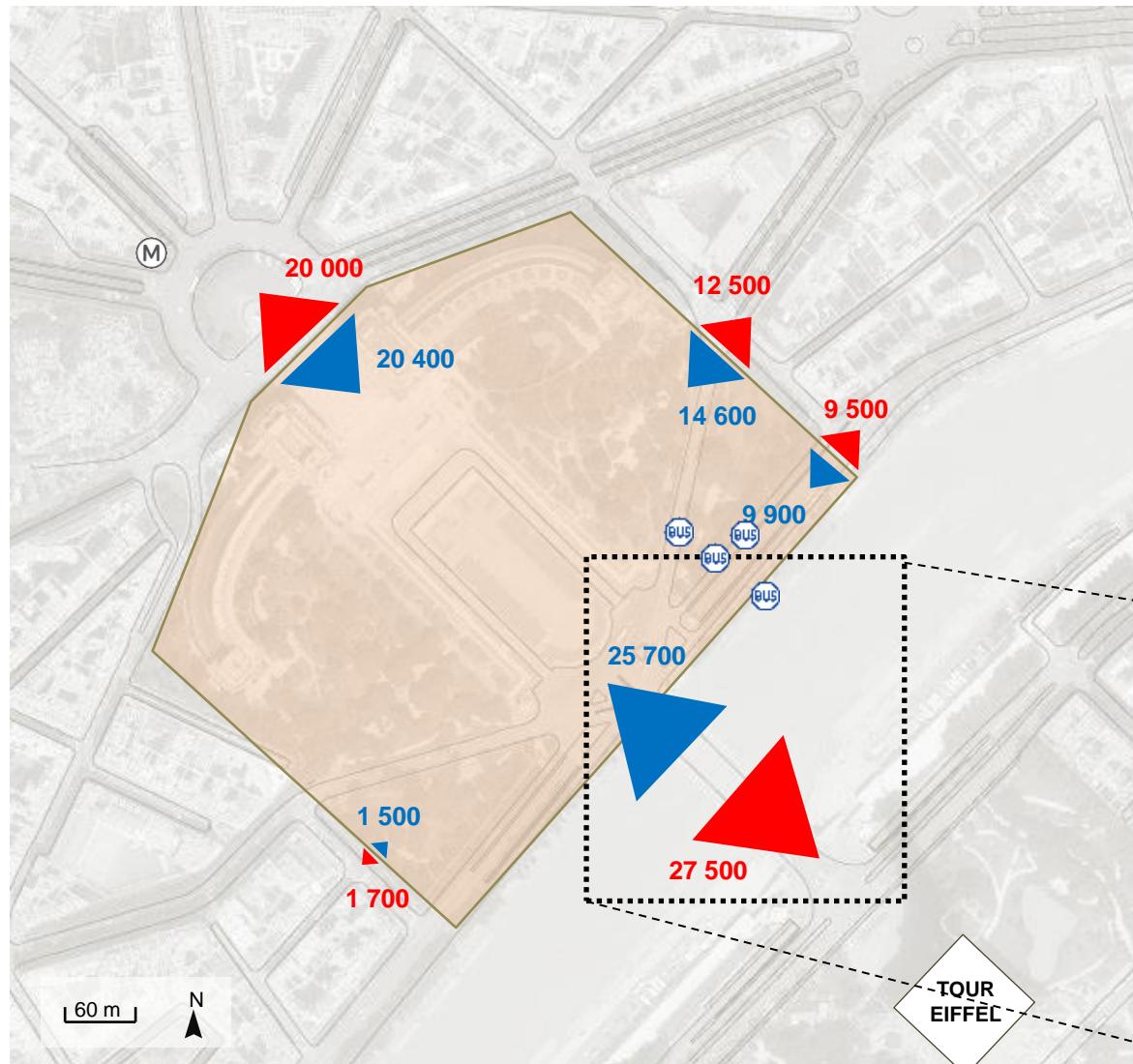
2. Analyse globale des flux piétons (jeudi 17 août 2017)

Le Trocadéro – Place de Varsovie



2. Analyse globale des flux piétons (jeudi 17 août 2017)

Le Trocadéro – Place de Varsovie



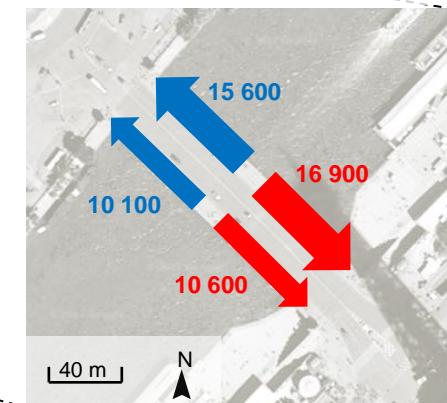
Légende

- Périmètre de comptages
- Sortants du périmètre
- Entrants dans le périmètre
- Nombre de sortants du périmètre sur la journée de comptages
- Nombre d'entrants dans le périmètre sur la journée de comptages

70 000 passages sur le jour de comptages sur le secteur du Trocadéro / Place de Varsovie.
(60% des passages sur le périmètre d'étude)

On observe un déséquilibre Est-Ouest, notamment dû à la présence de stations de Bus RATP, de la station Iéna, des nombreux musées présents au Nord Est du secteur.
De forts échanges sur l'esplanade du Trocadéro et sur le pont d'Iéna.

Zoom sur le Pont d'Iéna



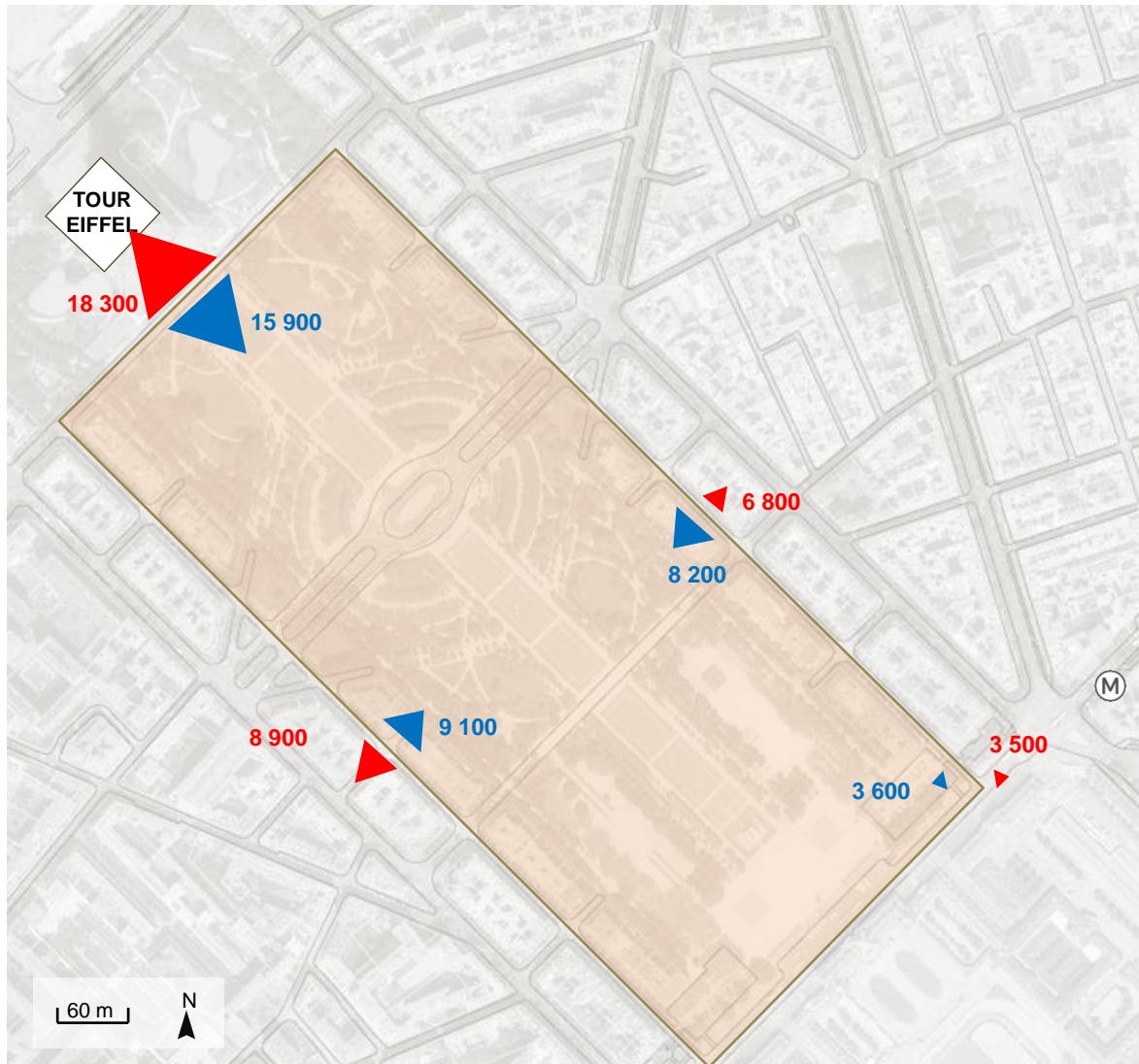
2. Analyse globale des flux piétons (jeudi 17 août 2017)

Le Champ de Mars



2. Analyse globale des flux piétons (jeudi 17 août 2017)

Le Champ de Mars



Légende

- Périmètre de comptages
- Sortants du périmètre
- Entrants dans le périmètre
- Nombre de sortants du périmètre sur la journée de comptages
- Nombre d'entrants dans le périmètre sur la journée de comptages

37 000 passages sur le secteur Champ de Mars sur le jour des comptages
(30% des passages du périmètre d'étude)

Un secteur très en lien avec le parvis au nord : près de 50% des échanges sur ce secteur se font avec le sud du parvis (avenue Gustave Eiffel).

Sur le milieu et le sud du périmètre, le secteur est traversant.

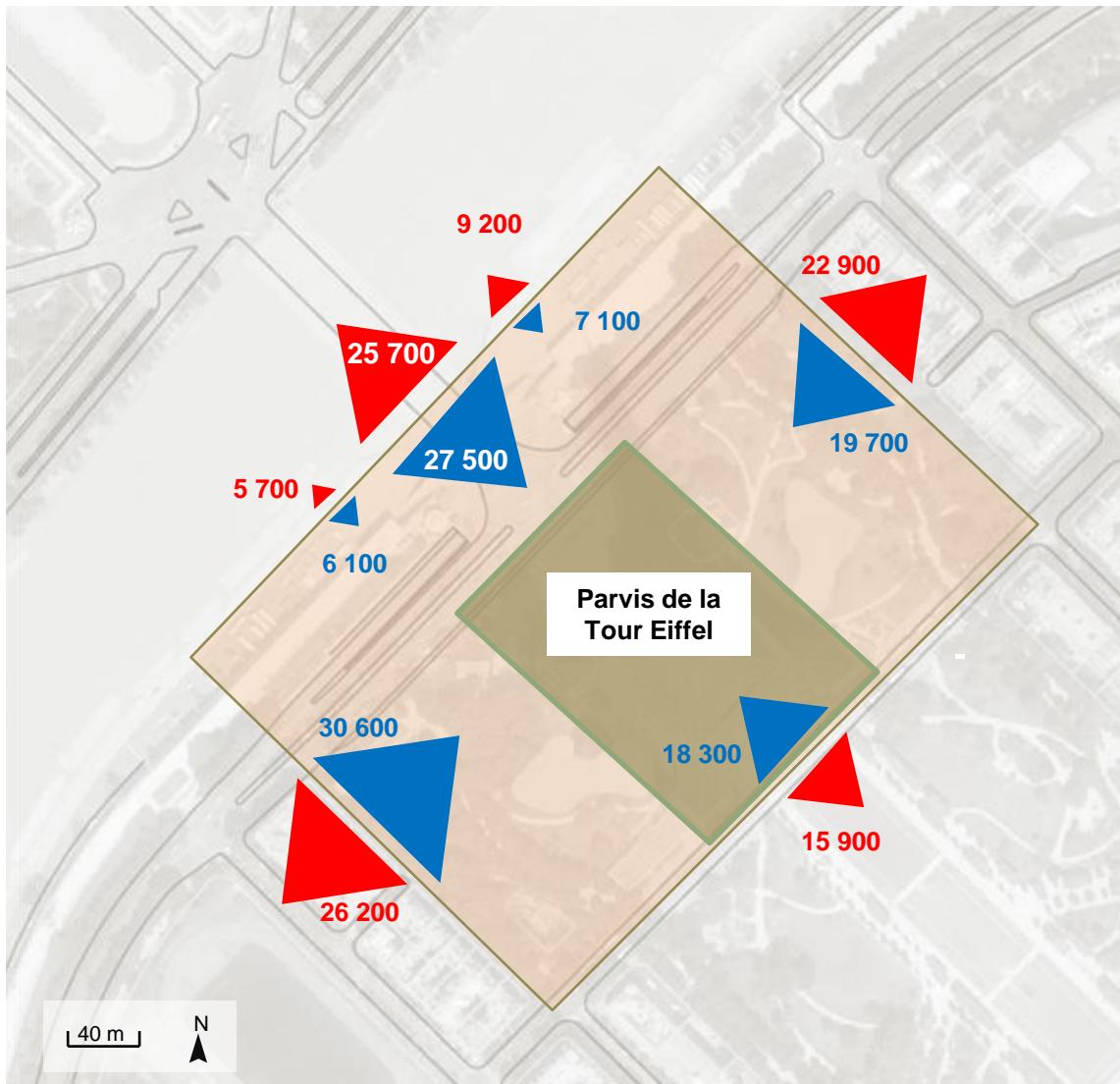
2. Analyse globale des flux piétons (jeudi 17 août 2017)

Secteur Tour Eiffel



2. Analyse globale des flux piétons (jeudi 17 août 2017)

Secteur Tour Eiffel



Légende

- Périmètre de comptages
- Sortants du périmètre
- Entrants dans le périmètre
- Nombre de sortants du périmètre sur la journée de comptages
- Nombre d'entrants dans le périmètre sur la journée de comptages

110 000 passages sur le secteur de la Tour Eiffel
(80% des passages sur le périmètre étudié)

1/4 des échanges se font avec le pont d'Iéna
1/4 des échanges se font avec le sud Ouest (Bir Hakeim + Champ de Mars Tour Eiffel)

30 000 passages sur le parvis

20 000 entrées dans la Tour

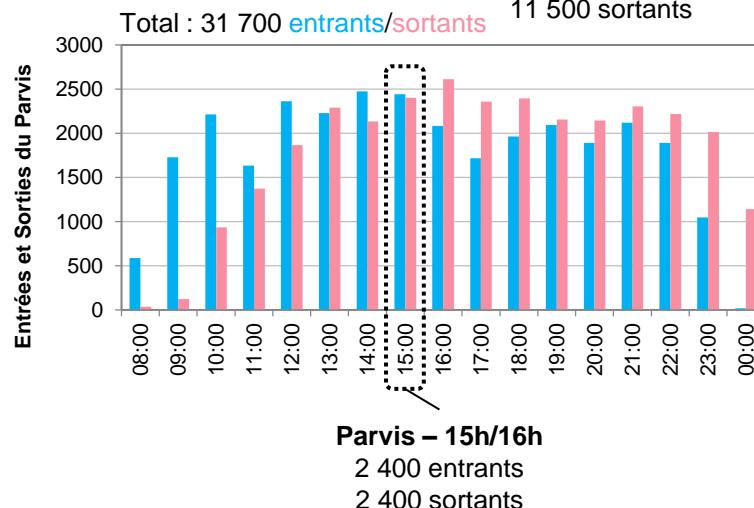
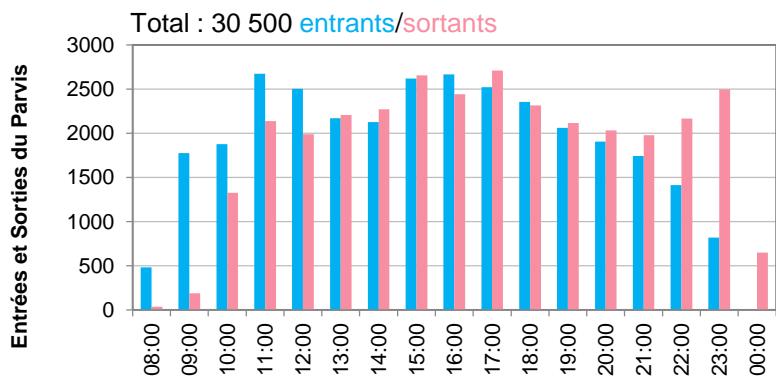
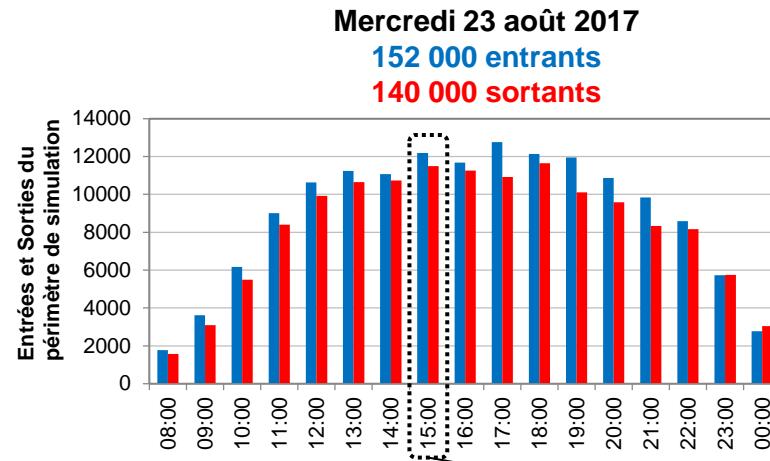
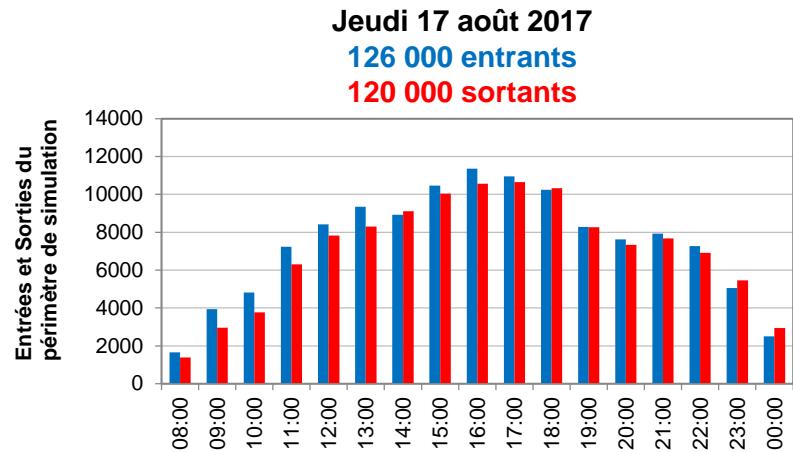
Attente sur le parvis pour accéder aux piliers (estimations)

- 1h30 en moyenne
- 3h au maximum

3. Analyse dynamique de l'aménagement actuel

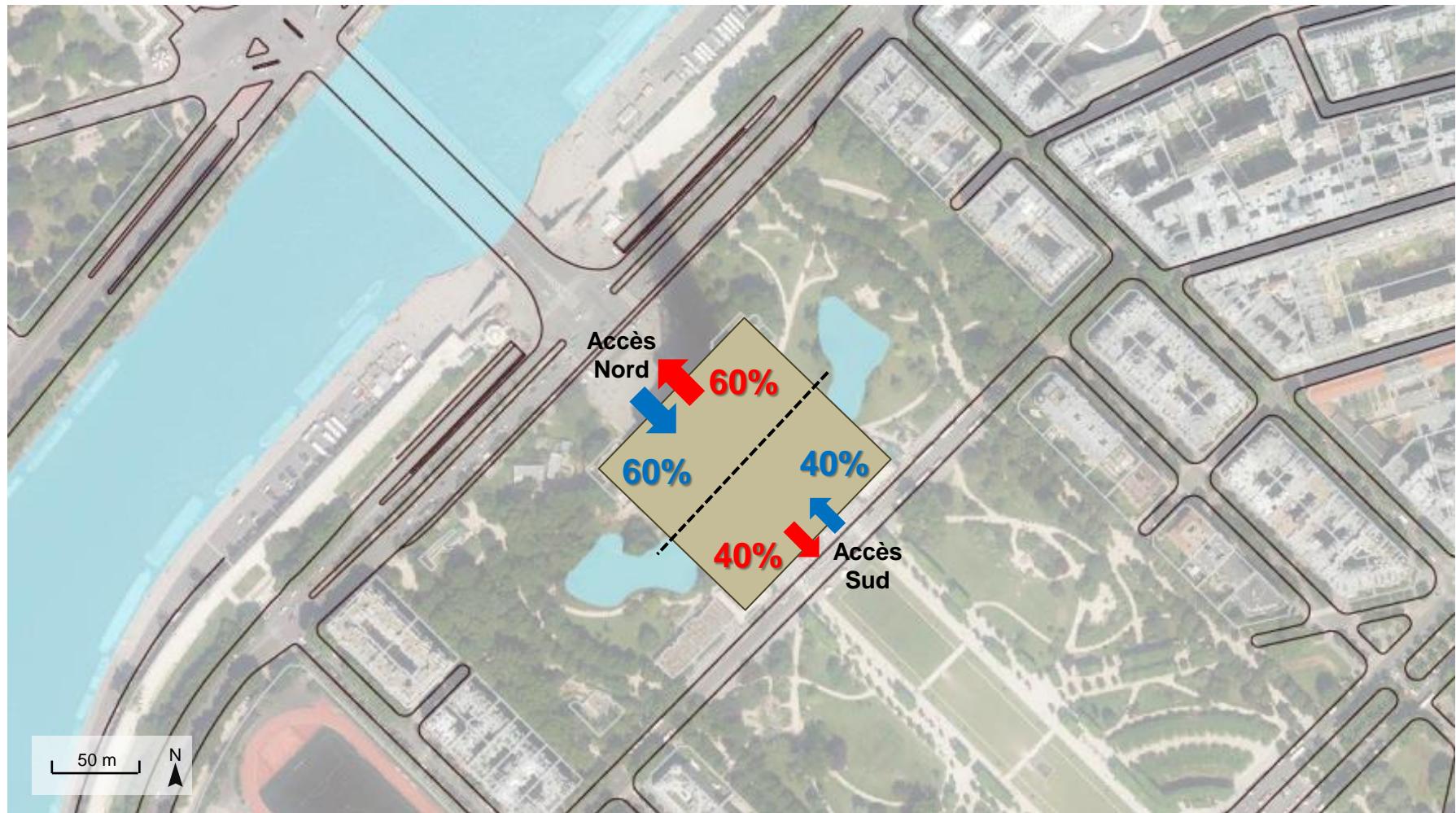
3. Analyse dynamique de l'aménagement actuel

Détermination de la période de simulation



3. Analyse dynamique de l'aménagement actuel

Fonctionnement et répartition aux accès du parvis



3. Analyse dynamique de l'aménagement actuel

Hypothèses de modélisation



Vitesse

Vitesse de déplacement des visiteurs du Parvis : 1,0 m/s

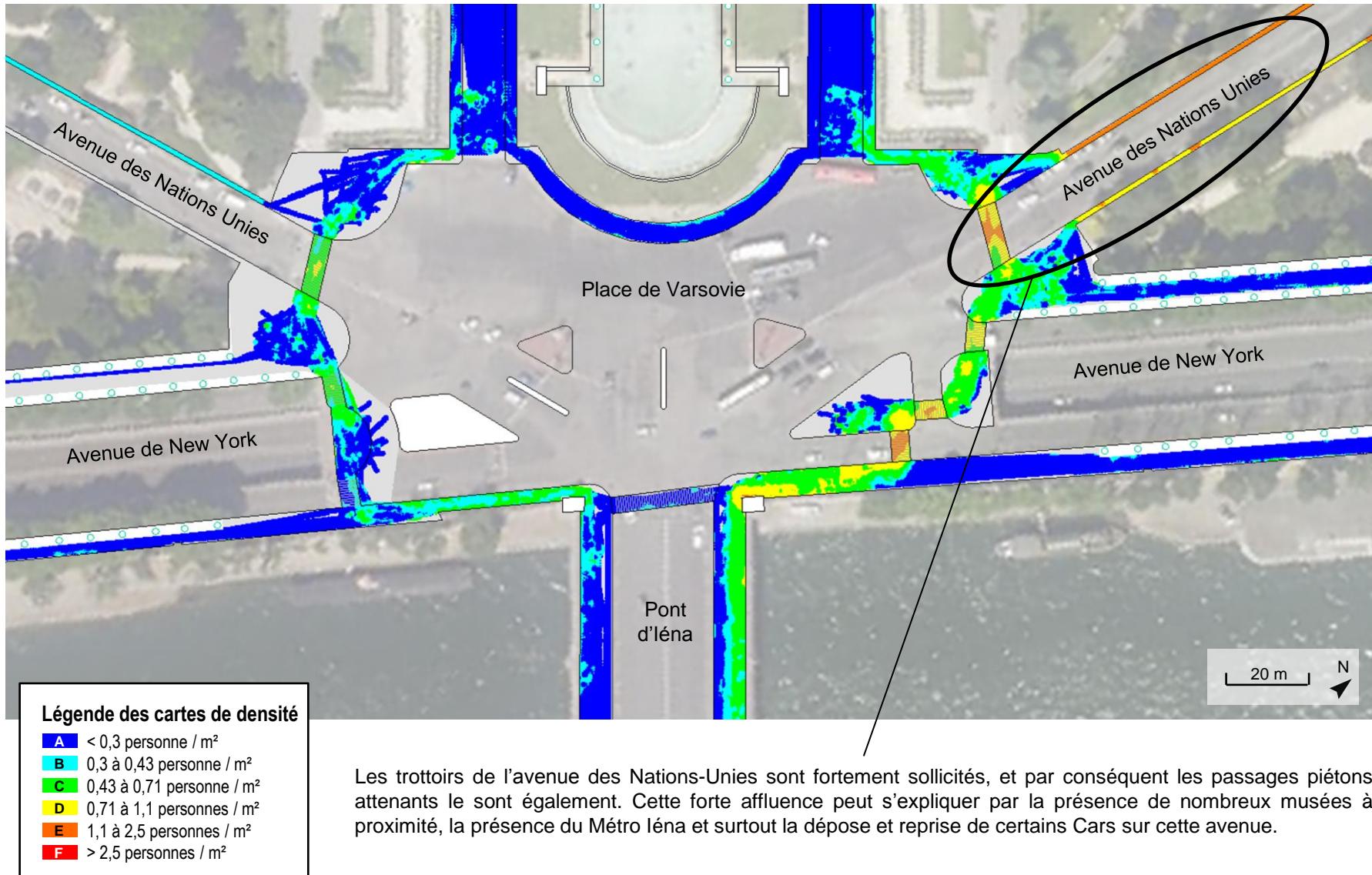
Vitesse de déplacement des passants : 1,3 m/s



Passages piétons

Cycles des feux piétons issus des données : documents EVESA communiqués par AIMSUN

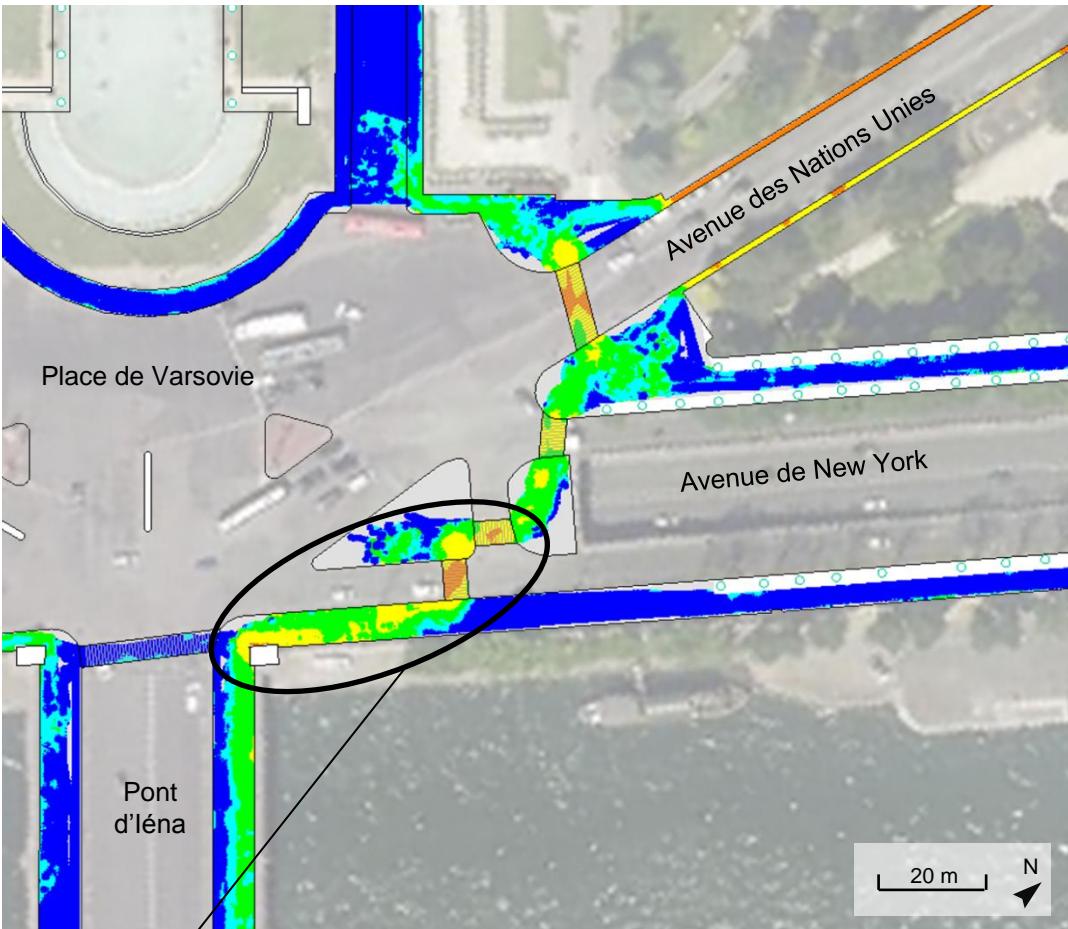
3.1. Résultats des simulations – Actuel – Place de Varsovie



3.1. Résultats des simulations – Actuel – Place de Varsovie



Les trottoirs et passages piétons de l'avenue de New-York sont fortement sollicités.



Légende des cartes de densité

- A** < 0,3 personne / m²
- B** 0,3 à 0,43 personne / m²
- C** 0,43 à 0,71 personne / m²
- D** 0,71 à 1,1 personnes / m²
- E** 1,1 à 2,5 personnes / m²
- F** > 2,5 personnes / m²

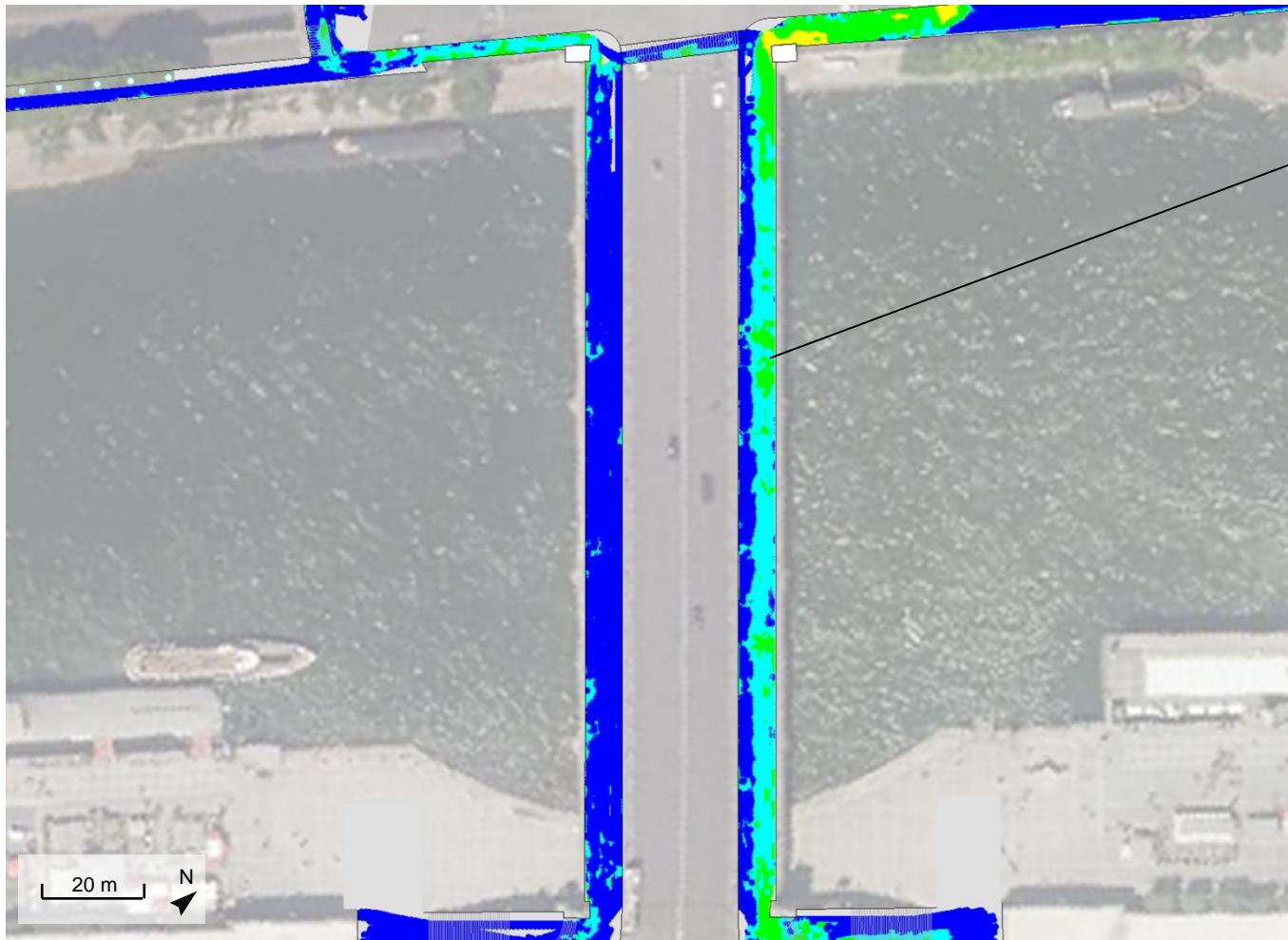
Densité sans obstacle (simulation) :
0,7 pers/m²
 >> **Limite niveaux C/D de Fruin**

Densité avec vente ambulante (1/2 de la surface) :
1,4 pers/m²
 >> **Niveau E de Fruin**

Illustration du
niveau D de
Fruin



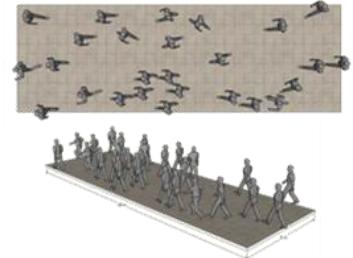
3.2. Résultats des simulations – Actuel – Pont d'Iéna



Sans obstacles sur le côté Est du Pont : 0,3 pers/m² (simulation)
>> Niveau B de Fruin

En retirant 2 m de largeur (vente ambulante) : 0,4 pers/m²
>> niveau B de Fruin

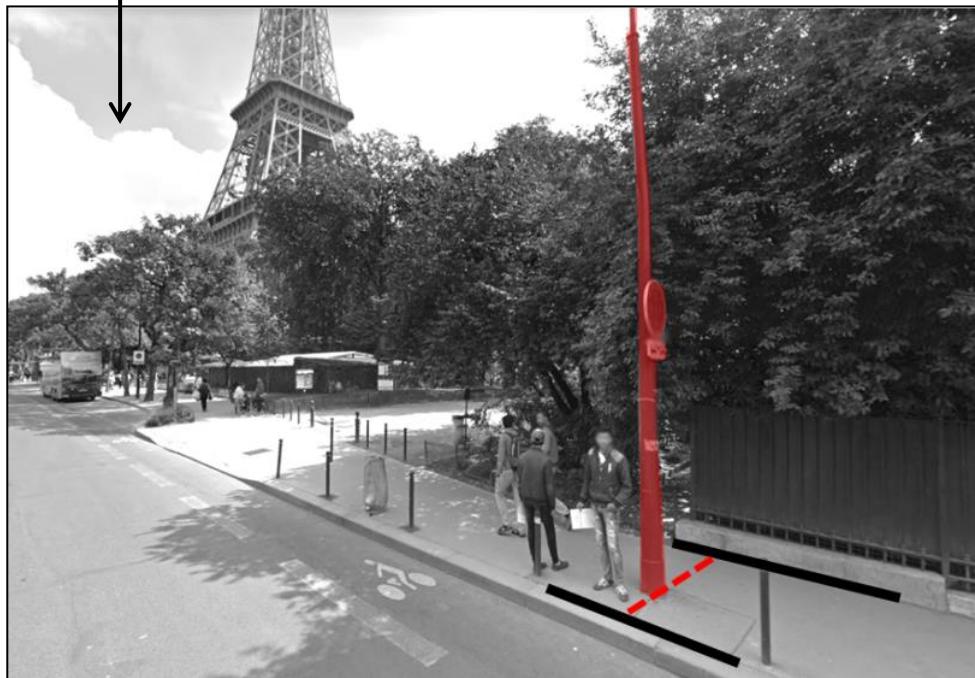
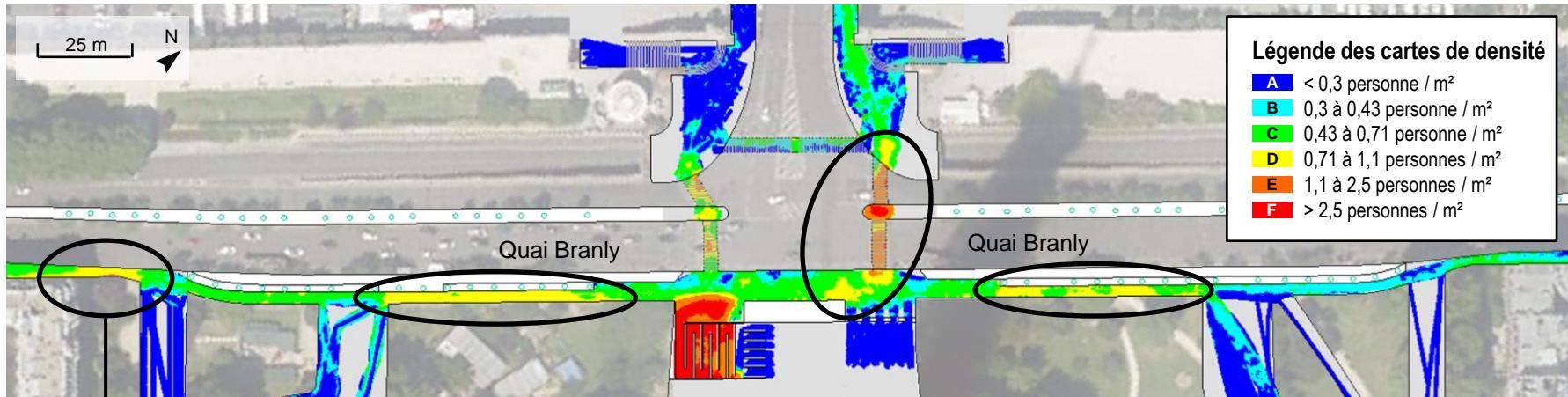
Illustration du niveau B de Fruin



Légende des cartes de densité

A	< 0,3 personne / m ²
B	0,3 à 0,43 personne / m ²
C	0,43 à 0,71 personne / m ²
D	0,71 à 1,1 personnes / m ²
E	1,1 à 2,5 personnes / m ²
F	> 2,5 personnes / m ²

3.3. Résultats des simulations – Actuel – Tour Eiffel côté Branly



Des trottoirs et passages piétons trop peu capacitateurs côté quai Branly

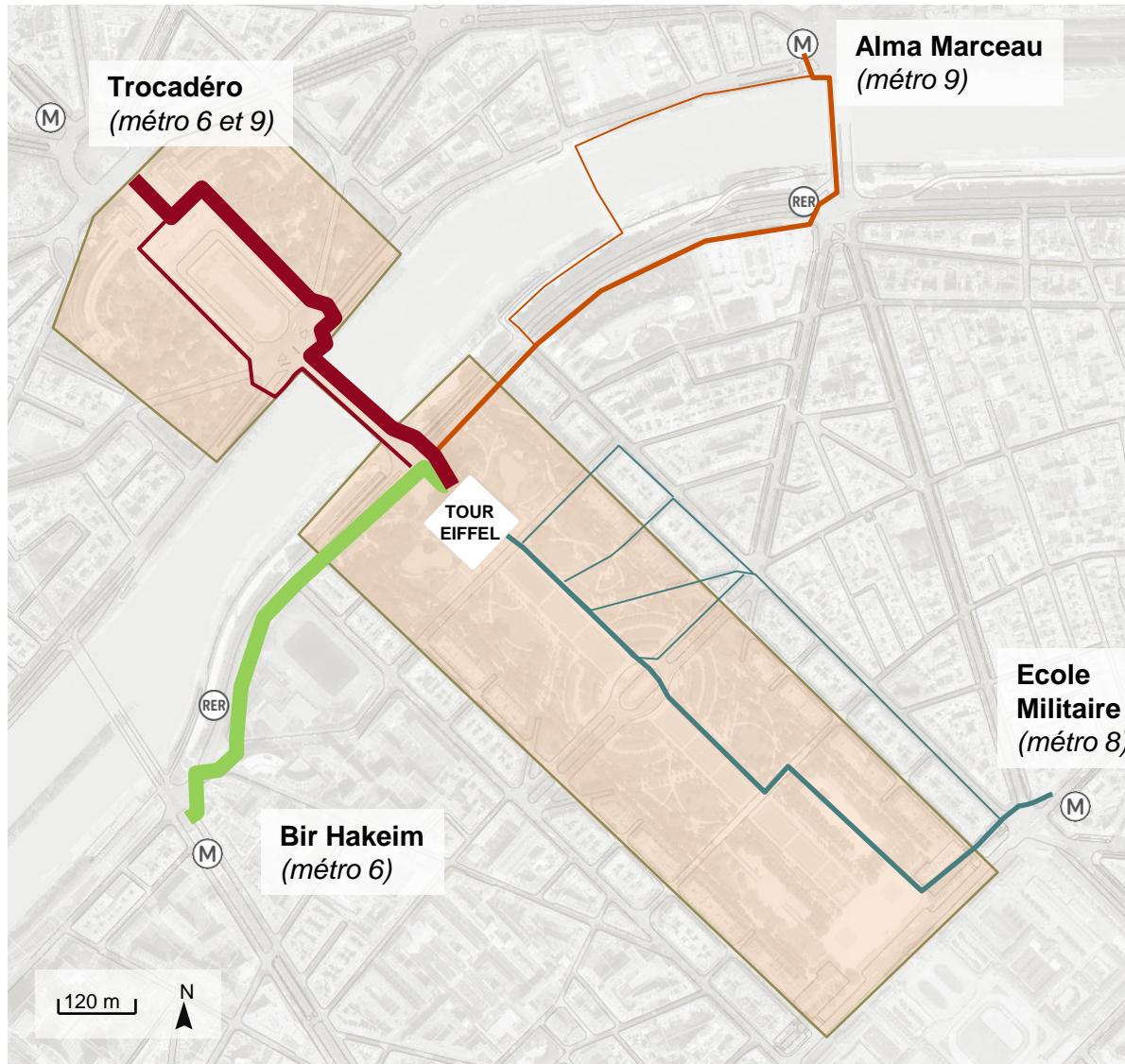
Sur le secteur Tour Eiffel, de nombreux espaces ne semblent pas suffisamment capacitateurs pour le flux de visiteurs et passants le long du quai Branly.

- Depuis les stations Bir-Hakeim et Champ de Mars Tour Eiffel, le trottoir est trop étroit à certains endroits. La présence d'obstacles dégrade davantage les conditions de circulation des visiteurs/passants.
- La largeur de trottoirs à proximité des jardins aux pieds de la Tour est trop faible pour la demande (niveau D de Fruin).
- Les passages piétons et les terre-pleins centraux n'offrent pas suffisamment de capacité pour le flux piéton (niveau E/F de Fruin).

4. Synthèse du fonctionnement actuel selon les parcours

4. Synthèse du fonctionnement de l'aménagement actuel

Les principaux parcours pour se rendre à la tour Eiffel à partir du métro



2 itinéraires majoritaires pour se rendre à la Tour Eiffel depuis les métros :

- Du **Trocadéro** en passant par le trottoir côté Est du Pont d'Iéna
- De **Bir Hakeim** en passant par le Quai Branly

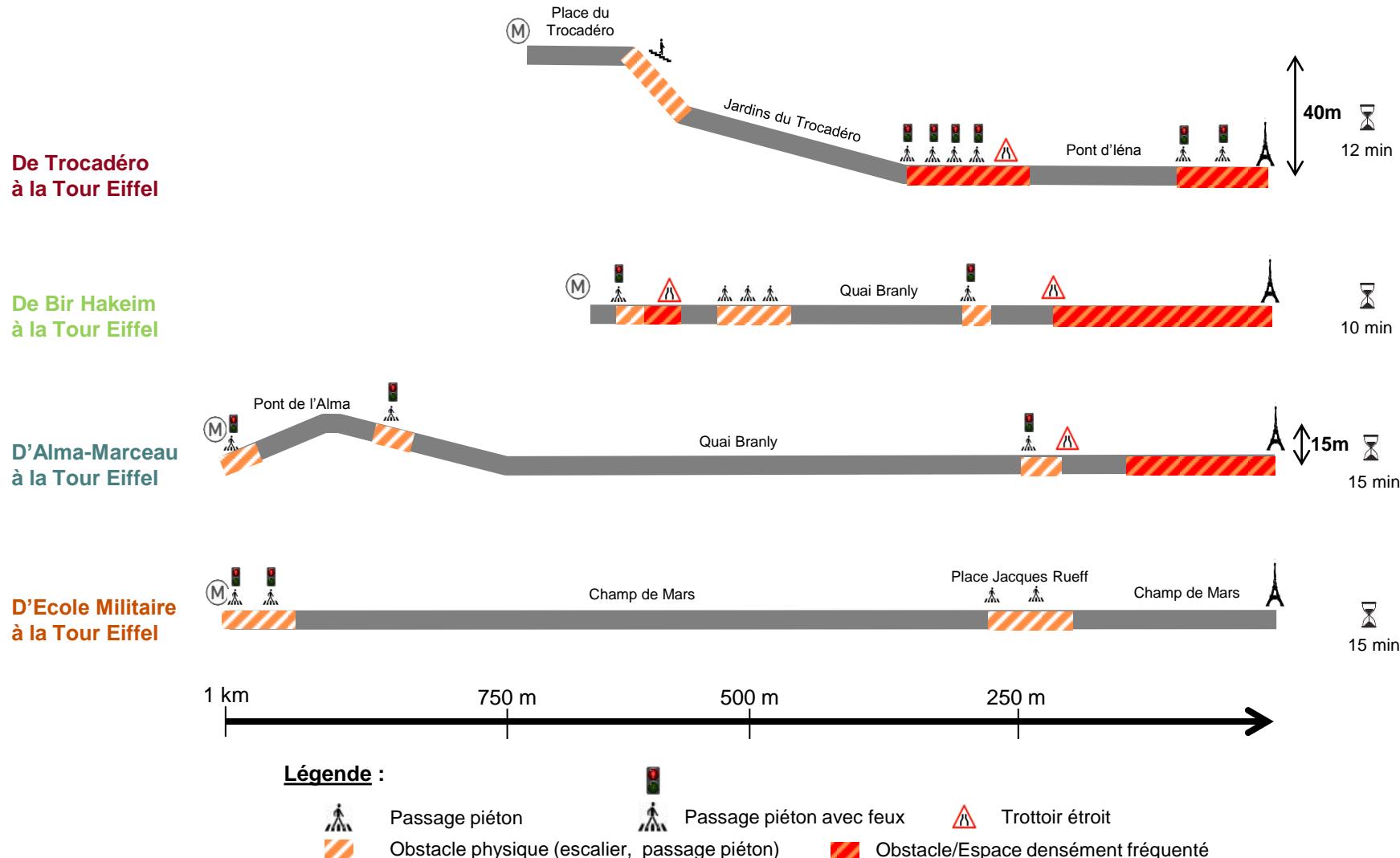
2 itinéraires, plus minoritaires, avec des parcours plus diffus :

- D'**Alma-Marceau** en passant par le Quai Branly (ou par la promenade mais pas de comptages)
- D'**Ecole Militaire** en traversant le parking pour accéder au Champ de Mars puis le traverser jusqu'à la Tour Eiffel

Méthodologie : Les principaux parcours ont été identifiés à partir des données de comptages et d'observations faites sur le terrain. La largeur des parcours représentés n'est pas proportionnelle au volume de piétons.

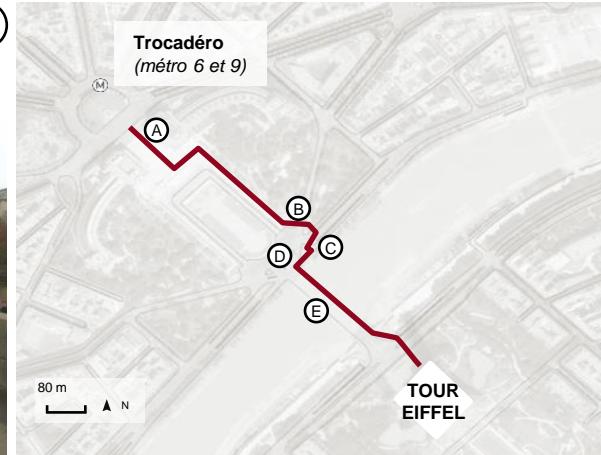
4. Synthèse du fonctionnement de l'aménagement actuel

Coupes schématiques des parcours à partir des stations de métro



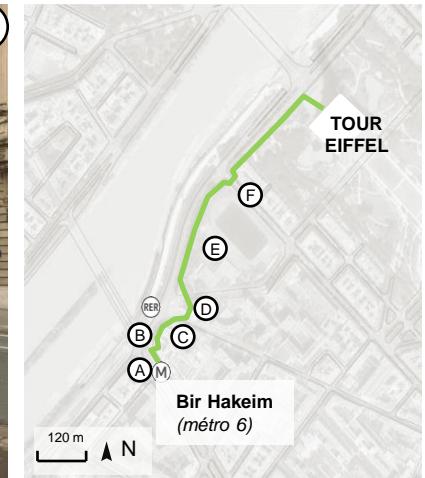
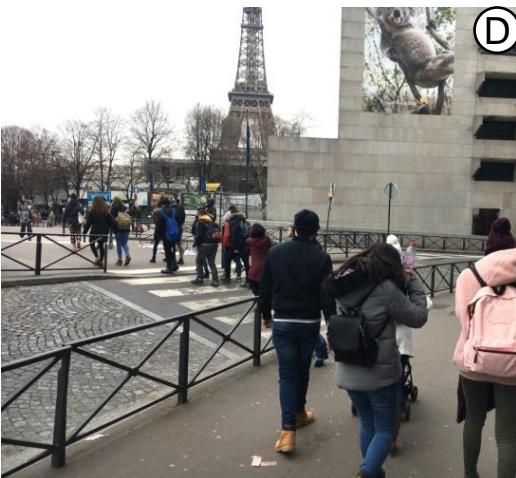
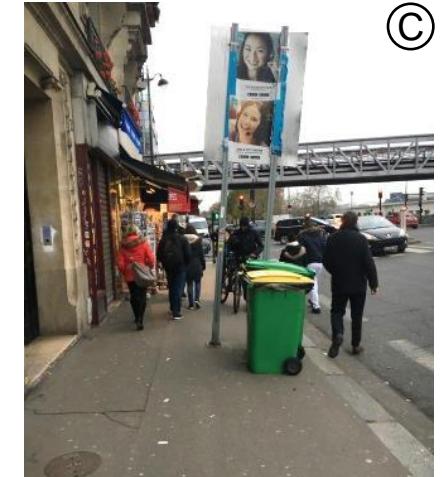
4.1. Synthèse du fonctionnement de l'aménagement actuel

De Trocadéro à la Tour Eiffel



4.2. Synthèse du fonctionnement de l'aménagement actuel

De Bir Hakeim à la Tour Eiffel



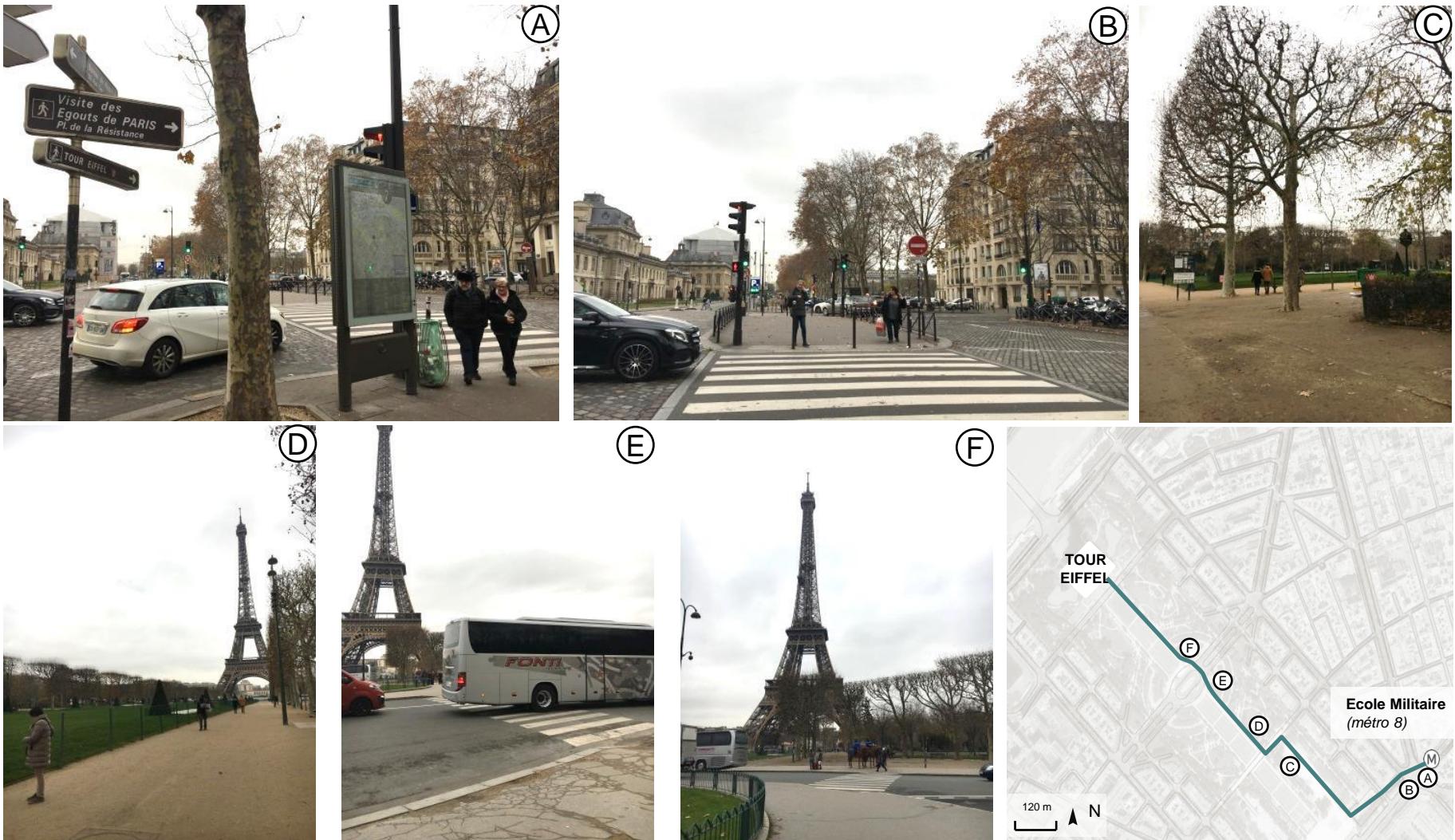
4.3. Synthèse du fonctionnement de l'aménagement actuel

D'Alma-Marceau à la Tour Eiffel



4.4. Synthèse du fonctionnement de l'aménagement actuel

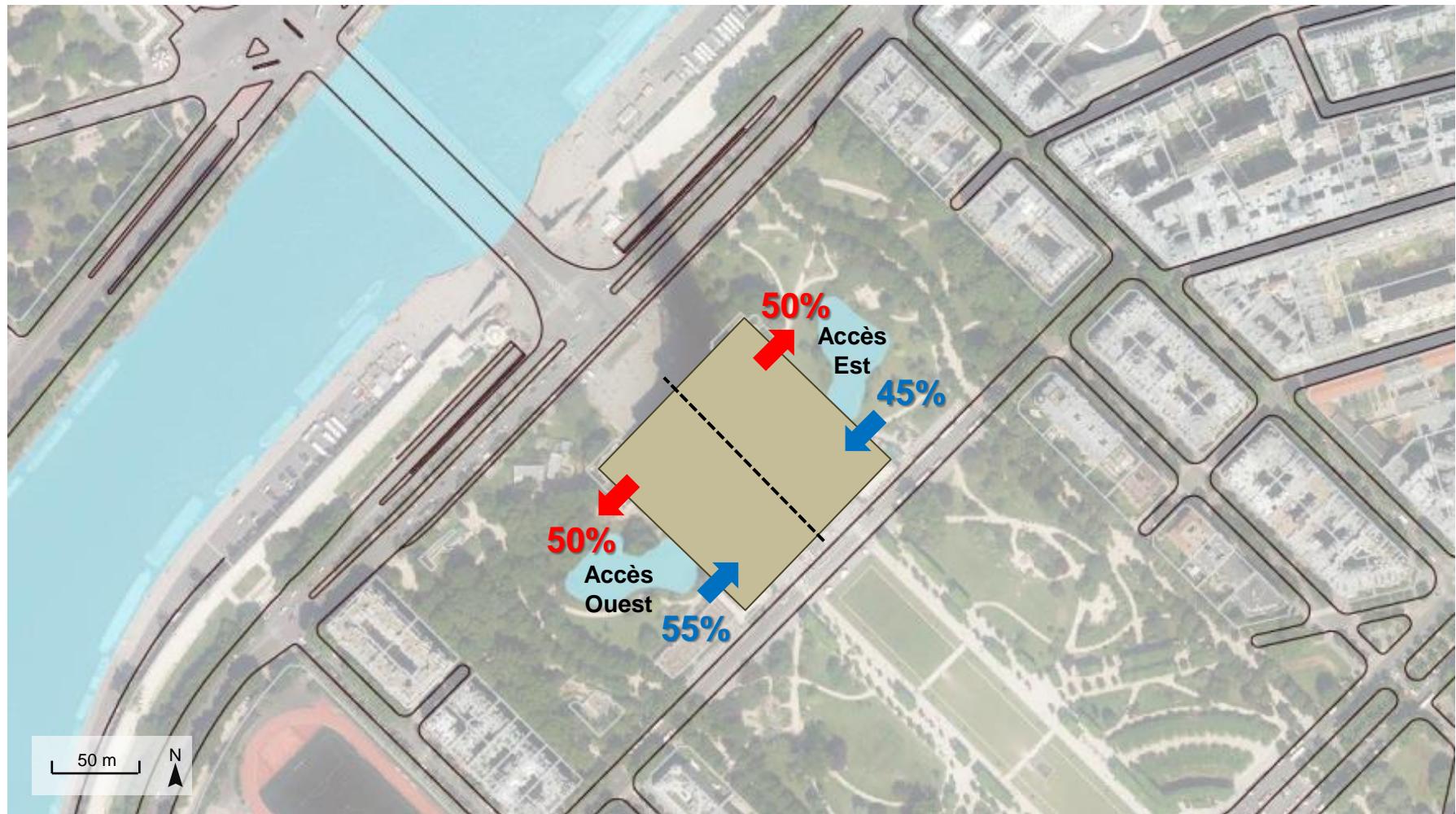
D'Ecole Militaire à la Tour Eiffel



5. Analyse dynamique de l'aménagement projeté

5. Analyse dynamique de l'aménagement projeté

Fonctionnement et répartition aux différents accès



5. Analyse dynamique de l'aménagement projeté

Hypothèses de modélisation



Vitesse

Vitesse de déplacement des visiteurs du Parvis : 1,0 m/s

Vitesse de déplacement des passants : 1,3 m/s



Passages piétons

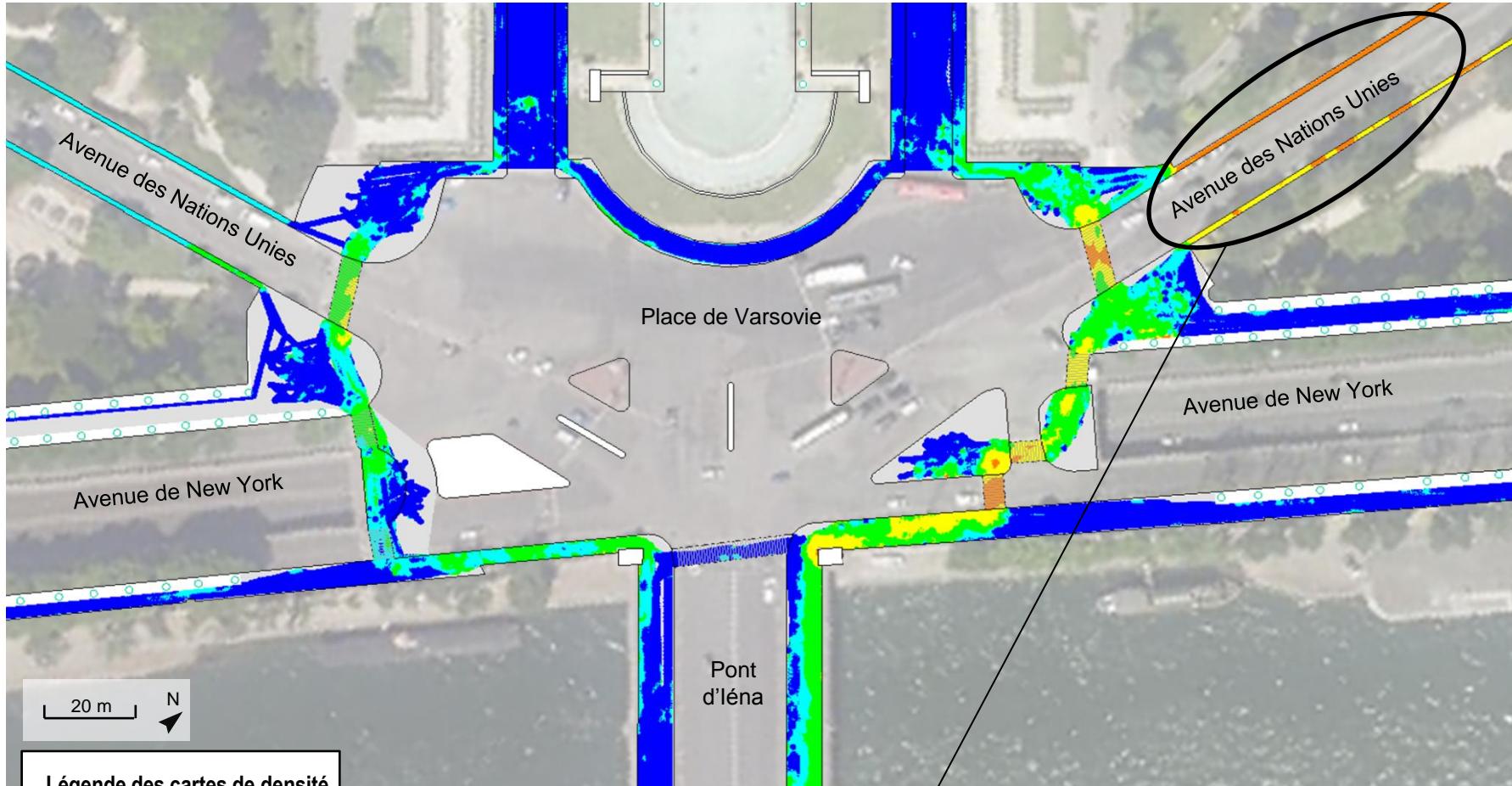
Cycles des feux piétons issus des données : documents EVESA communiqués par AIMSUN



Augmentation du flux piéton

+10% par rapport à la fréquentation d'août 2017

5.1. Résultats des simulations du projet – Place de Varsovie

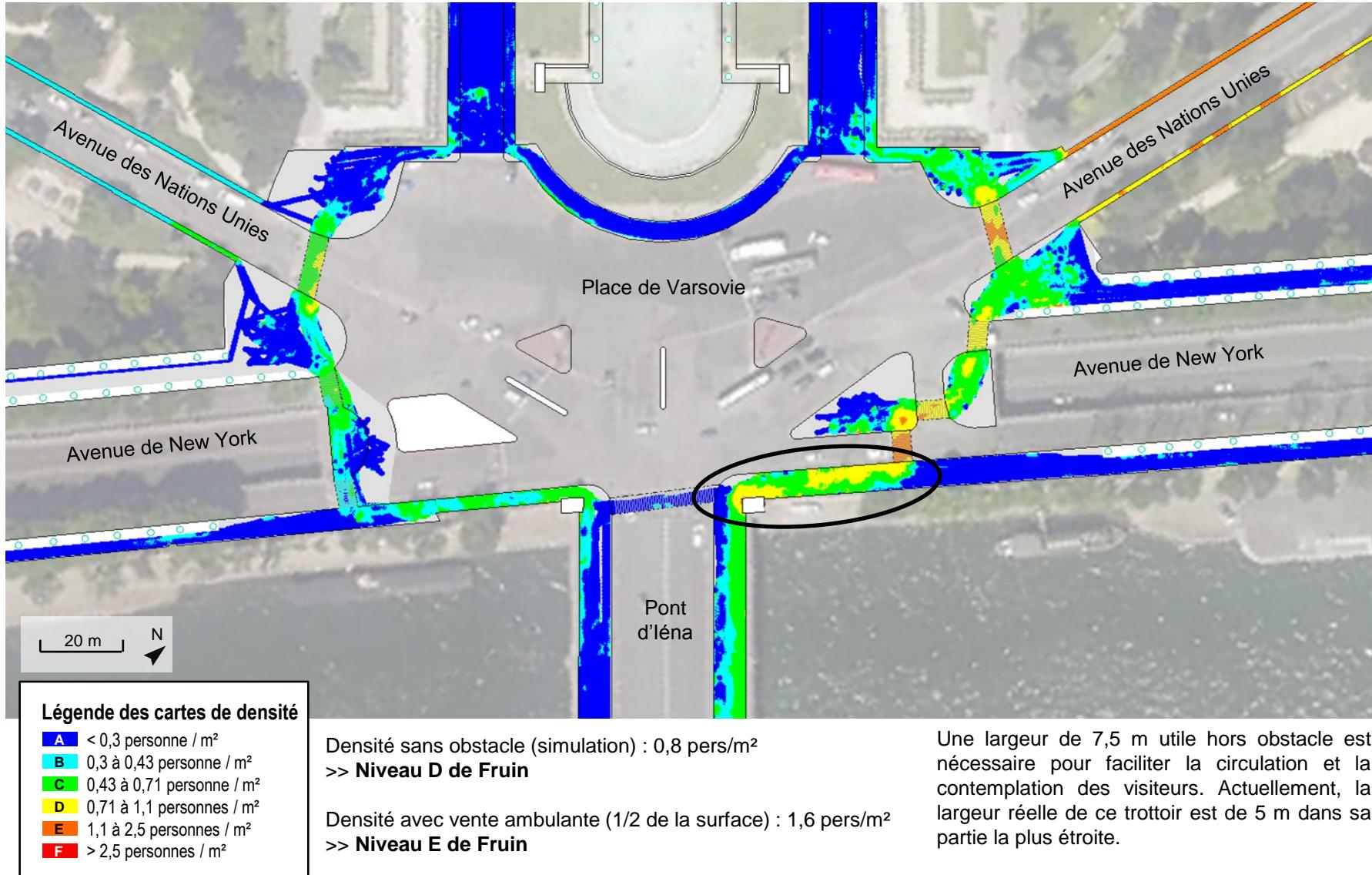


Légende des cartes de densité

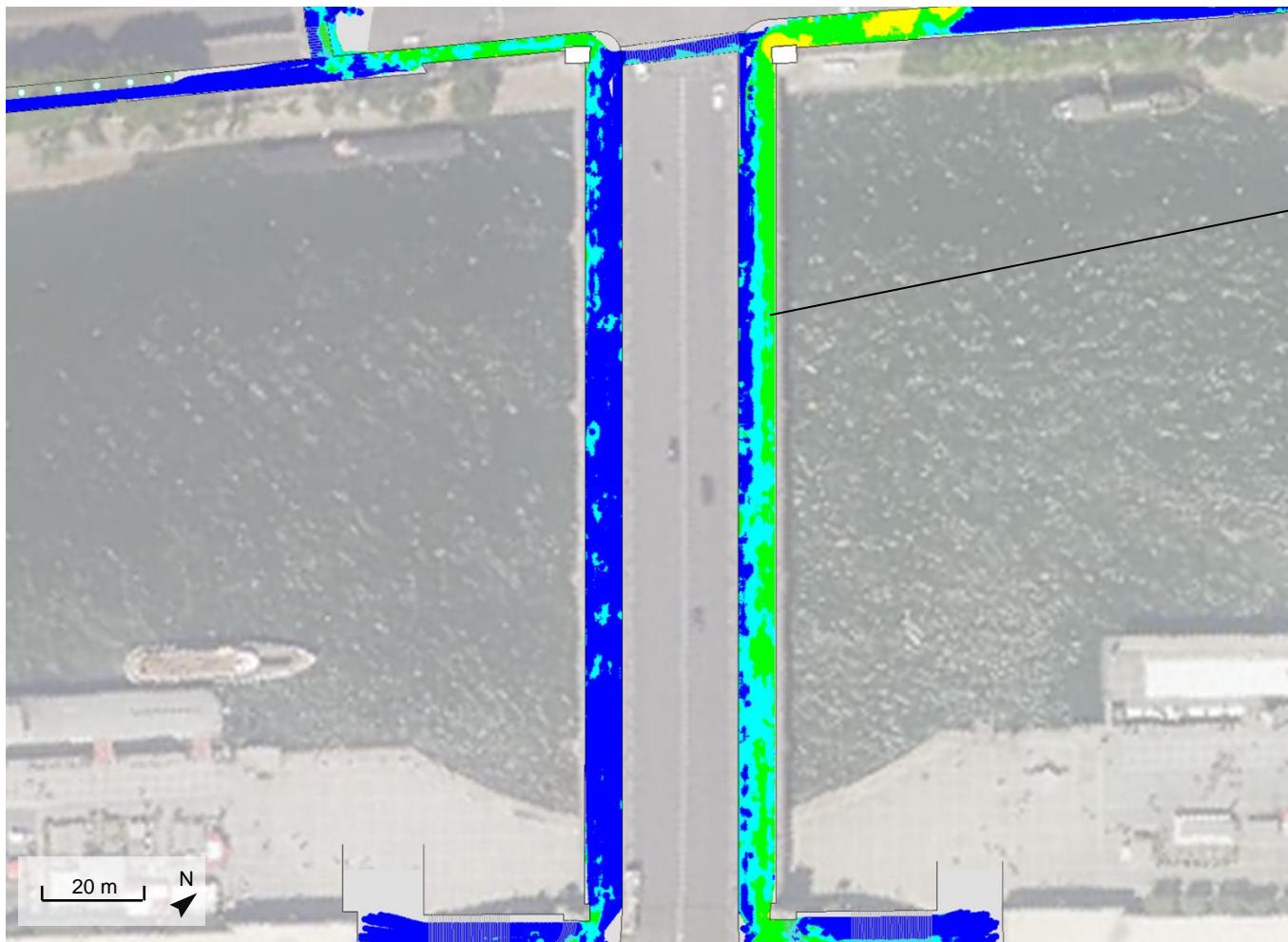
- A < 0,3 personne / m²
- B 0,3 à 0,43 personne / m²
- C 0,43 à 0,71 personne / m²
- D 0,71 à 1,1 personnes / m²
- E 1,1 à 2,5 personnes / m²
- F > 2,5 personnes / m²

Les trottoirs de l'avenue des Nations-Unies sont fortement sollicités, et par conséquent les passages piétons attenants également. Cette forte affluence peut s'expliquer par la présence de nombreux musées à proximité, la présence du Métro léna et surtout la dépose et reprise de certains Cars sur cette avenue. La largeur actuelle réelle des trottoirs est extrêmement faible : 1 m ou moins, avec des candélabres comme obstacles, de part et d'autre de la voirie. 2 m utile minimum sont nécessaires pour chaque trottoir. Cependant, les visiteurs utilisent fort probablement les cheminements présents dans les jardins de part et d'autre de l'avenue des Nations-Unies.

5.1. Résultats des simulations du projet – Place de Varsovie



5.2. Résultats des simulations du projet- Pont d'Iéna



Sans obstacles sur le côté est du Pont : 0,4 pers/m² (simulation)

>> Niveau B de Fruin

Illustration du niveau B de Fruin



En retirant 2 m de largeur (vente ambulante) : 0,55 pers/m²

>> Niveau C de Fruin

Illustration du niveau C de Fruin

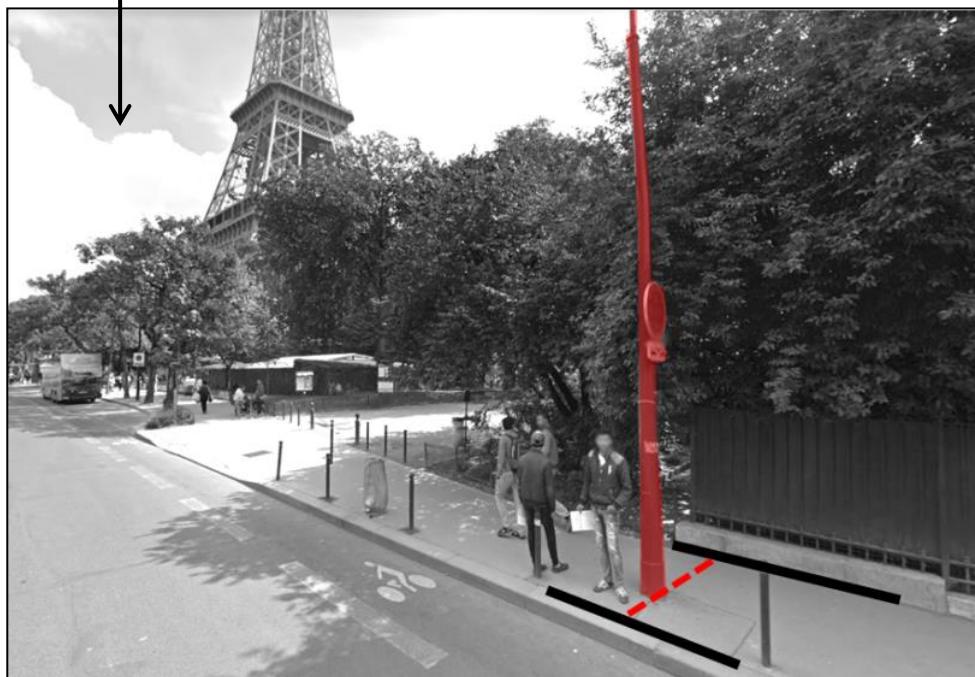
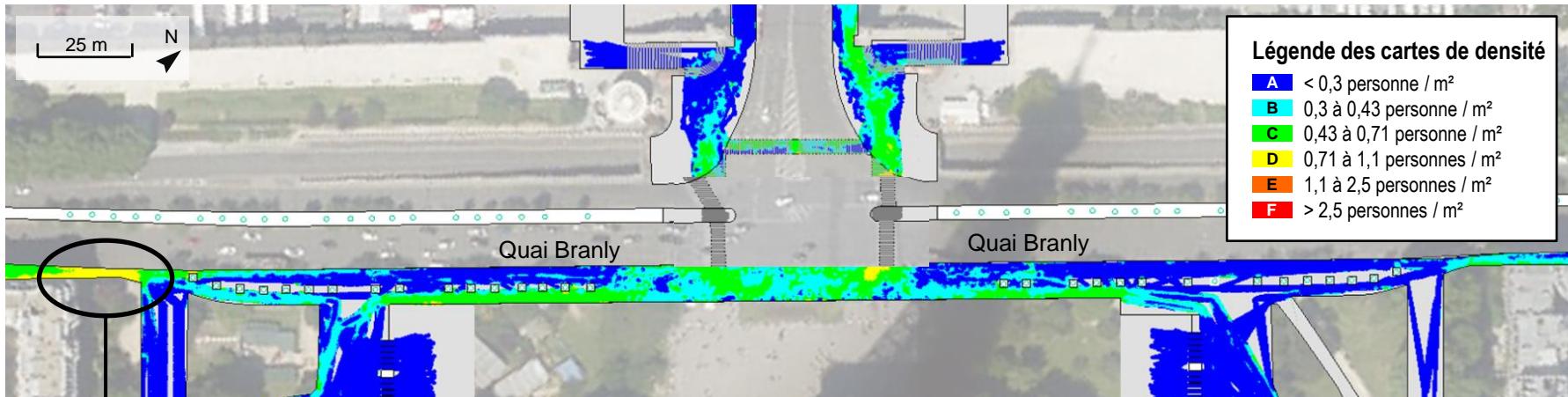


Actuellement, le trottoir Est du pont d'Iéna offre 6,5 m, obstacles compris. Le besoin en largeur utile (passage, hors obstacles) pour un niveau B de Fruin est de 6,5 m.

Légende des cartes de densité

A	< 0,3 personne / m ²
B	0,3 à 0,43 personne / m ²
C	0,43 à 0,71 personne / m ²
D	0,71 à 1,1 personnes / m ²
E	1,1 à 2,5 personnes / m ²
F	> 2,5 personnes / m ²

5.3. Résultats des simulations du projet – Tour Eiffel côté Branly



Un espace public plus capacitaire mais certains endroits restent fortement sollicités

L’élargissement des trottoirs à proximité des jardins aux pieds de la Tour et la condamnation de l’accès Nord-Ouest permettent de faciliter les déplacements dans ce périmètre.

En revanche, les conflits persistent au niveau du rétrécissement du trottoir vers les stations Bir-Hakeim et Champ de Mars Tour Eiffel (voir Photo ci-contre). Au regard de la simulation, un pré-dimensionnement est réalisé :

- Pour viser un niveau de service B, une largeur de 5,5 m libre de tout obstacle est nécessaire ;
- Pour atteindre une densité limite B/C, une largeur de 4,7 m libre de tout obstacle est nécessaire ;
- Pour une densité moyenne de niveau C de Fruin, une largeur de 3,5 m utile est à prévoir.

La largeur actuelle du trottoir dans sa partie la plus faible est de 2,4 m, sans exclure l’emprise du candélabre.

6. Analyse comparative des modélisations

6. Analyse comparative des modélisations

Avec les 2 modèles de simulation (actuel + projet de sécurisation du parvis), on quantifie les dysfonctionnement et apprécie le gain relatif entre les 2 situations avec le projet de sécurisation. Le tableau suivant résume les principaux paramètres des 2 modèles ainsi que les résultats qui en découlent.

		Situation actuelle (2017)	Projet de Sécurisation du Parvis
Données d'entrée / Paramètres	Données de fréquentation	Août 2017 (comptages CPEV)	Août 2017 (comptages CPEV) + 10%
	Réparation aux accès du parvis	60% au Nord / 40% au Sud (issu des comptages)	55% à l'Ouest / 45% à l'Est (déduit des comptages)
Résultats / Observations	P i a c e d e V a r s o v i e Avenue des Nations-Unies	Importante sollicitation des trottoirs en partie Est, notamment due à la présence des Cars, du métro léna et des musées à proximité (Guimet, Galliera, Tokyo, Arts Modernes, ..). Probable utilisation des chemins dans les jardins attenants.	
	Avenue de New York	Le trottoir au croisement du Pont d'Iéna et de l'avenue de New York en partie Est est très sollicitée (niveau D de Fruin). La largeur actuelle réelle est de 5 m dans la partie la plus étroite de cet espace.	Pour atteindre une densité de B, une largeur utile de 7,5 m est nécessaire.
	Pont d'Iéna	Sollicitation importante notamment en partie Est : largeur actuelle totale : 6,5 m pour une densité de Fruin B	Largeur de passage <u>utile nécessaire (hors obstacles)</u> pour une densité de Fruin B = 6,5 m
	Lien avec les stations Bir Hakeim et Champ de Mars - Tour Eiffel	Trottoir trop étroit aujourd'hui (2,4 m de largeur). Le niveau de Fruin D est atteint.	Trottoir à élargir. Une largeur de 5 m <u>utile</u> de trottoir permet de maintenir un niveau de Fruin de B sur cet espace.
	Lien avec le Pont d'Iéna	Les passages piétons ne sont pas suffisamment larges pour accueillir les flux actuels et les flux projetés. Un élargissement est à envisager pour faciliter les traversées entre les différents espaces.	

7. Files d'attente

La présente étude consiste à analyser le fonctionnement de l'attente à l'entrée du parvis de la Tour Eiffel. Il s'agit d'une approche très simplifiée réalisée avec les éléments d'information disponibles. L'analyse est faite sur la période 15h-16h, comme l'analyse dynamique réalisée initialement.

7.1. Hypothèses et données d'entrée

Hypothèses concernant la demande et le préfiltrage

Préfiltrage



- Temps de préfiltrage : 1 personne / 40 secondes / poste (basé sur des observations faites en Décembre 2017 par la mairie de Paris)
- 5 alvéoles de contrôles ouvertes de chaque côté soit 10 postes au total => 15 personnes/minute en moyenne peuvent être contrôlées

Préfiltrage idéal

- Temps de préfiltrage : 1 personne / 20 secondes / poste
- 6 alvéoles de contrôles ouvertes de chaque côté soit 12 postes au total => 36 personnes/minute en moyenne peuvent être contrôlées

Demande



On analyse l'heure sur laquelle le plus grand nombre d'entrées ont été enregistrées, à savoir entre 15h et 16h. Durant cette période, 2 000 personnes accèdent au parvis. On suppose que les arrivées sont faites de façon relativement uniforme et selon une répartition aux entrées expliquée dans la page suivante.

Pour la nouvelle configuration, on prend l'hypothèse d'une augmentation de +10% du flux piéton par rapport à la fréquentation d'août 2017 (même hypothèse précédente).

Hypothèse : on considère un volume aux entrées présent à 15h de 1000 personnes, mesuré à partir d'observations faites sur Google Street View (Données datant d'août 2017, hypothèse). Le volume initial de la configuration projeté a été réparti selon la répartition aux entrées présentée dans la page suivante.

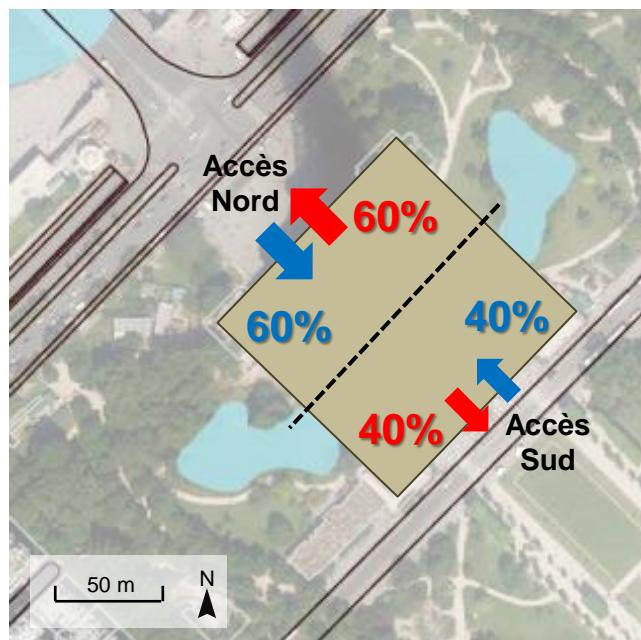
7.1. Hypothèses et données d'entrée

Répartition aux accès du parvis

La répartition de la demande a été réalisée à partir de données de comptages pour l'aménagement actuel et d'hypothèses pour l'aménagement futur.

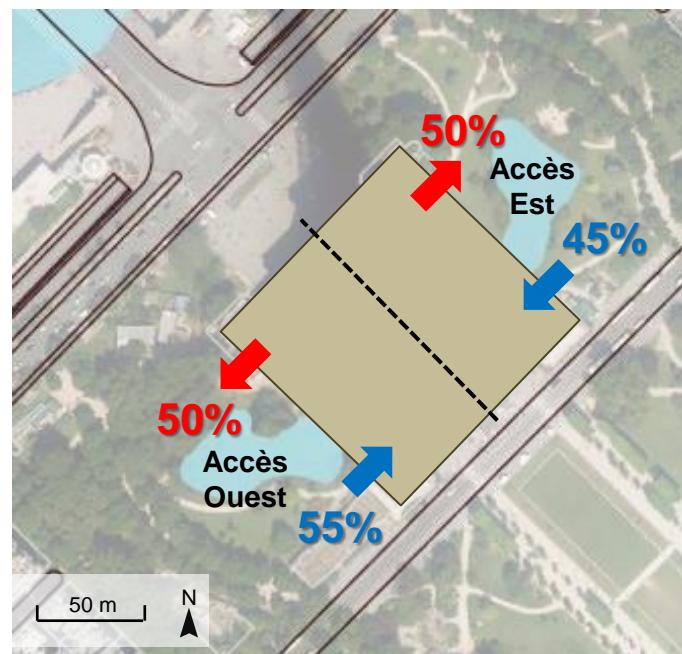
Aménagement actuel

Répartitions issues des comptages 2017 (Mairie de Paris)



Aménagement futur

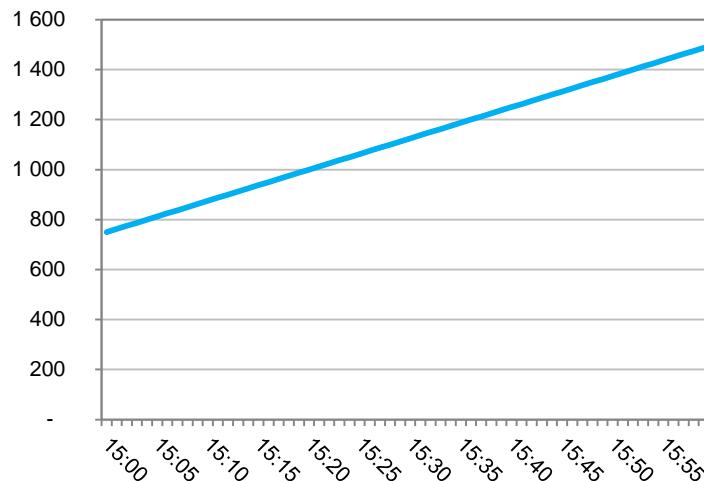
Hypothèse de répartition



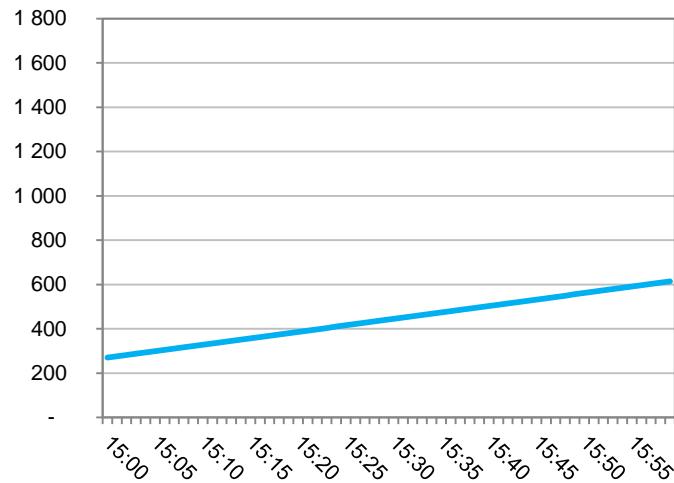
7.2. Analyse des files d'attente

Situation actuelle

Nombre de personnes dans la file d'attente de l'entrée Nord



Nombre de personnes dans la file d'attente de l'entrée Sud

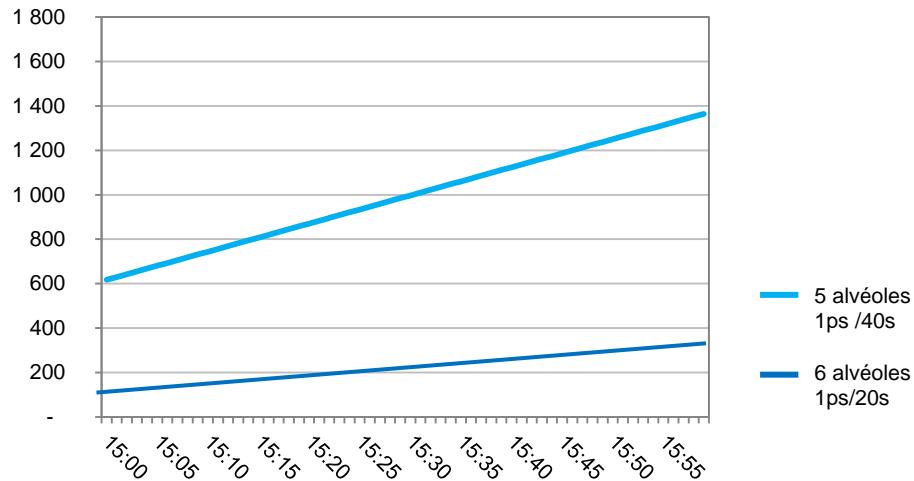


	Entrée Nord		Entrée Sud	
	Temps d'attente maximal (à 16h)	Temps d'attente moyen (entre 15h et 16h)	Temps d'attente maximal (à 16h)	Temps d'attente moyen (entre 15h et 16h)
Configuration avec 5 alvéoles de chaque côté côté pour un temps de préfiltrage de 40s / personne	3h20	2h30	1h20	1h

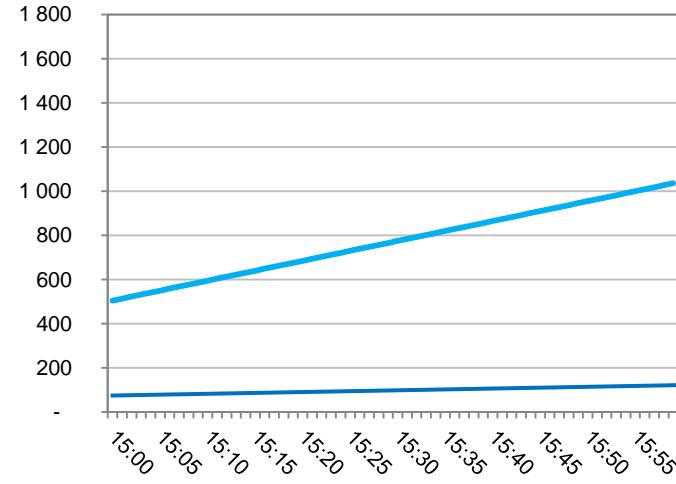
7.2. Analyse des files d'attente

Situation avec le nouvel aménagement

Nombre de personnes dans la file d'attente de l'entrée Ouest



Nombre de personnes dans la file d'attente de l'entrée Est



	Entrée Ouest		Entrée Est	
	Temps d'attente maximal (à 16h)	Temps d'attente moyen (entre 15h et 16h)	Temps d'attente maximal (à 16h)	Temps d'attente moyen (entre 15h et 16h)
Configuration avec 5 alvéoles de chaque côté pour un temps de préfiltrage de 40s / personne	3h	2h15	2h15	1h45
Configuration idéale projetée avec 6 alvéoles de chaque côté et un temps de préfiltrage réduit à 20s / personne	15 min	> 10 min	5 min	> 5 min
Gain de temps entre les 2 configurations	+2h45	+2h05 min	+2h10 min	+1h40 min

8. Conclusion

8. Conclusion

- Aujourd'hui

1. De nombreux échanges ont lieu entre le secteur Tour Eiffel et le Nord d'une part et l'Ouest d'autre part ;
2. Les interactions côté Sud (Champ de Mars) et Est sont plus faibles ;
3. On distingue quatre principaux parcours depuis les métros dont 2 fortement utilisés :
 - Depuis Bir Hakeim, le long du quai Branly
 - Depuis le Trocadéro/avenue des Nations-Unies, via le côté Est du pont d'Iéna

Il s'agit des 2 plus courts parcours mais avec le plus grand nombre d'obstacles (traversées de voirie) et de dysfonctionnements capacitaires

- Demain

1. Le nombre d'alvéoles joue un grand rôle sur les temps d'attente des visiteurs. En cumulant 6x2 alvéoles à un temps de préfiltrage réduit à 20 secondes par personne, on obtient une configuration idéale : le temps d'attente est réduit à 15 minutes à l'entrée Ouest et 5 minutes à l'Est.

De manière générale la meilleure répartition des flux dans la situation projetée, plus équilibrée et marquée par des parcours différents via les jardins permet une diminution globale du temps d'entrée sur le parvis malgré une augmentation projetée de + 10%

Au-delà des modélisations de flux, l'efficacité du dispositif peut être améliorée en fonction de l'aménagement en amont des contrôles (files d'attente uniques ou non, pré-positionnement)

2. Les espaces d'attente sont situés dans un environnement plus agréable (jardins) et plus spacieux.

3. En revanche, certains espaces sont encore trop sollicités :

- Trottoirs depuis/vers Bir – Hakeim / Champ de Mars Tour Eiffel : un dimensionnement de 5 m utile permet de maintenir la densité dans le niveau B de Fruin, contre 2,4 m (niveau D de Fruin observé dans les simulations).
- Trottoirs depuis/vers l'avenue des Nations-Unies côté Nord, mais probable utilisation des chemins dans les jardins attenants
- Trottoir sur l'avenue de New York à proximité du pont d'Iéna, en partie Est. L'espace n'est pas suffisamment grand pour accueillir à la fois les flux de visiteurs passants, les visiteurs admirant la vue (dans la modélisation), sans évoquer les vendeurs ambulant (non présents dans la simulation).
- Trottoir Est du pont d'Iéna. Un besoin de 6,5 m utile est nécessaire (libre de tout obstacle), contre une largeur de 6,5 m réelle aujourd'hui (dont candélabres notamment).

9. Annexes

Annexes

Densité d'occupation : Niveaux de service de Fruin

Niveau de service	m ² /pers (pers/m ²)	Condition de progression	Illustration de la situation
A (excellent)	> 3,2 (< 0,3)	- Libre choix de la vitesse - Dépassemens libres - Collisions improbables - Mouvements totalement libres	 
B	2,3 à 3,2 (0,3 à 0,43)	- Libre choix de vitesse - Déplacements faciles - Conflits facilement évitables (lors des croisements et des changements de direction)	 
C	1,4 à 2,3 (0,43 à 0,71)	- Possibilité de déplacement à vitesse normale - Léger encombrement - Quelques restrictions pour le déplacement - Léger risque de collision obligeant à adapter la vitesse et la trajectoire	 
D	0,9 à 1,4 (0,71 à 1,1)	- Vitesse réduite et contrainte - Dépassemens difficiles - Changements de direction difficiles occasionnant des conflits de flux - Nécessité d'adapter la vitesse et la trajectoire pour progresser de manière raisonnable	 
E	0,4 à 0,9 (1,1 à 2,5)	- Vitesse de déplacement réduite (démarche irrégulière, arrêts fréquents) - Dépassemens quasiment impossibles - Changements de direction très difficiles - Collisions fortement probables	 
F (très mauvais)	< 0,4 (> 2,5)	- Vitesse très réduite (piétinement) - Dépassemens impossibles - Contact inévitable entre les personnes - Croisements ou demi-tours virtuellement impossibles	