

# Résumé

## Introduction et questions soulevées

### Fondement

La maîtrise de l'espace représente le goulot d'étranglement le plus important dans les échanges entre les zones habitées. On considère les villes en croissance constante depuis le 19<sup>ème</sup> siècle ainsi que les agglomérations ultérieures et actuelles, en raison de leurs avantages en termes d'efficacité, comme une condition préalable d'une amélioration de dessertes performantes par les transports.

Ainsi, le développement des villes et des agglomérations est un processus continu se déroulant de manière synchronisée avec celui des systèmes de transport. Au cours des dernières décennies, différents concepts de dessertes par les transports ont été développés, certains s'étant confirmés tandis que d'autres n'étaient pas applicables.

Après avoir suivi pendant longtemps un développement équilibré sur tout le territoire national, la politique suisse en matière d'infrastructures a récemment reconnu que la Confédération devait renforcer son engagement dans les agglomérations. La situation actuelle, dans le contexte de nombreux projets de transports dans les agglomérations, donne l'occasion d'étudier en détails la structure du système des transports dans les agglomérations avant de créer de nouvelles contraintes induites par de nombreuses décisions individuelles.

### Questions

La situation initiale décrite pose de nombreuses questions auxquelles ce travail souhaite répondre :

- 1 Quels critères et caractéristiques d'utilisation des moyens de transport peut-on définir ?
- 2 Quels sont les facteurs de réussite d'une utilisation appropriée et de l'interaction au sein de et entre les différents moyens de transport ?
- 3 Quelles fonctions les systèmes de transport doivent-ils remplir et dans quels types d'agglomération ?
- 4 Où se situent les valeurs-seuils relatives à la demande et à la structure de la demande pour l'utilisation des différents moyens de transport ?
- 5 D'un point de vue technique et économique, quels sont les domaines d'application pertinents des différents moyens de transport dans les agglomérations ?

### Méthode de l'étude

#### Hypothèse de travail

L'étude se base sur le postulat selon lequel l'état actuel de l'emploi des moyens de transport dans les agglomérations suisses résulte d'un processus long et évolutif. Ainsi, les utilisations non pratiques des moyens de transport échouent et donc n'existent plus, tandis que des concepts particulièrement pertinents ont été mis en œuvre dans de nombreux cas. Bien

entendu, cette considération représente certes un instantané, mais témoigne aussi de la situation actuelle et décrit les possibilités existantes dans une période prévisible.

### **Méthode**

En partant de l'hypothèse de travail, on étudie en détail l'état actuel de l'emploi des moyens de transport dans les agglomérations suisses. Parallèlement, on analyse ces agglomérations au niveau de leurs caractéristiques structurelles qui influencent considérablement les possibilités d'utilisation des moyens de transport. À cette occasion, 50 agglomérations et 5 villes isolées sont intégrées dans l'étude conformément à la définition de l'Office fédéral de la statistique suisse (OFS).

Lors de l'étude de l'emploi actuel des moyens de transport, on recense d'abord pour plusieurs moyens de transports les agglomérations dans lesquels ils sont utilisés :

- Chemin de fer express (RER) propre: une agglomération est-elle le centre de son propre système de chemin de fer express ou bien dispose-t-elle de nœuds centraux pour le RER ?
- Intégration dans un système de RER: une agglomération est-elle intégrée par au moins deux arrêts dans le système de RER d'une autre agglomération ?
- Train régional: une agglomération dispose-t-elle d'arrêts de train régional ? Ici, on définit un train régional comme une offre inférieure au RER au niveau de la fréquence et de la capacité d'accueil de voyageurs.
- Métro: ce critère est introduit principalement à cause de son universalité. Cependant, il existe en Suisse un seul système de métro qui représente plutôt un cas particulier.
- Tramway en site propre: il est techniquement semblable à un système de tramway. On trouve dans le cas d'un chemin de fer urbain un pourcentage élevé de tracé propre, et en partie aussi une protection technique des trains.
- Tramways: contrairement aux trams en site propre, on ne trouve ici aucune voie séparée ou seulement dans peu de cas.
- Bus de ville: il s'agit d'un réseau de bus interne à l'agglomération qui propose une durée normale de transport à un rythme minimum de 15 minutes, et qui utilise des véhicules de la taille d'un bus standard (12m), ou d'une taille supérieure.
- Parties d'un périphérique intérieur: ce critère et les trois critères suivants intègrent les routes à grand débit dont l'état de développement est similaire à celui d'une autoroute.
- Autoroute urbaine: une bretelle d'accès à l'autoroute à l'intérieur d'une zone métropolitaine.
- Autoroute de liaison à l'intérieur d'une agglomération
- Bretelle d'accès à l'autoroute à l'intérieur d'une agglomération
- Station-vélos: la présence de pistes cyclables dans toutes les agglomérations est une condition préalable. Ici, on étudie aussi s'il existe des stations-vélos dans les gares, ce qui est une mesure de l'intégration multimodale.

- Zone piétonnière: la présence d'une zone piétonnière dans la ville-pôle d'une agglomération.

En outre, on recense les paramètres suivants au niveau de toute l'agglomération et l'on étudie leur rapport avec l'emploi des moyens de transport :

- Nombre d'habitants d'une agglomération
- Densité de population d'une agglomération
- Rayon virtuel d'une agglomération: le rayon virtuel est défini comme le rayon d'un cercle imaginaire ayant le même contenu de surface que l'agglomération. Cette dimension doit permettre de faire un bilan des distances des navettes des banlieusards
- Type structurel ou « forme » d'une agglomération: on définit 5 types principaux correspondant à une agglomération.  
Densité d'utilisation des pôles : le nombre d'emplois et d'habitants par hectare, relevé sur une base d'hectare. Dans cette perspective, les pôles des agglomérations résultent du rassemblement d'hectares utilisés de manière particulièrement intensive.

En conséquence, on parvient à une compilation des propriétés pertinentes des moyens de transport. Elle se divise en paramètres de performance et répercussions.

Ces connaissances sont regroupées et l'on en déduit des valeurs indicatives concernant les critères. Ces valeurs indicatives permettent de tirer des conclusions sur les moyens de transport à utiliser de manière pertinente dans une agglomération. À cette occasion, il faut veiller à ce que ceux-ci soient compris comme des valeurs indicatives par nature approximatives et ne sont pas censés être adaptés à une planification détaillée. Cependant, ils permettent de catégoriser rapidement une agglomération étudiée.

## **Etat des lieux : les agglomérations suisses et l'utilisation de leurs moyens de transport**

### **Vue d'ensemble des agglomérations suisses**

Les agglomérations suisses ont un nombre d'habitants situé entre 10 000 et 1 080 000. Pour les agglomérations transfrontalières telles que Bâle et Genève, on n'étudie que la partie suisse car l'on dispose de données pour d'autres critères. Néanmoins, si l'on intègre les données disponibles à celles de la partie allemande ou française, les ordres de grandeur et les séquences demeurent inchangés. En raison de bonds significatifs entre les groupes d'agglomérations, on a défini quatre catégories de taille. Les plus grandes agglomérations ont tendance à être véritablement des structures présentant des corridors clairement marqués. Ceux-ci coïncident avec les lignes d'un transport public hautement performant. Ici, se pose la question de l'œuf et de la poule, à savoir si l'aménagement du territoire a suivi les corridors ferroviaires, ou l'inverse. Cependant, on constate que si l'un des deux est présent, l'autre peut suivre logiquement.

## L'utilisation des moyens de transport en Suisse de nos jours

Les résultats de l'étude sur la présence des différents moyens de transport sont également réunis dans Figure 1.

Modes définissant la catégorie								Autres modes de transport						Nbre d'habitants de...à (en milliers)	Nbre d'agglomérations
Train régional	Autoroute urbaine	Zone piétonnière dans la ville-pôle	Autoroute à l'intérieur d'une agglomération	Bus de ville	RER	Tramway	Intégré dans un système du RER	Tramway en site propre	partie d'un péripérique intérieur	au moins 1 bretelle d'accès à l'autoroute	Station-vélos	Métro			
A	t	A	A	A	A	A	A	t	t	A	t	t	<b>Cat. 1</b>	250 - 1'080	5
A	A	A	A	A	A	0	A	0	0	A	A	0	<b>Cat. 2</b>	115 - 249	4
A	t	A	A	A	t	t	t	0	t	A	t	0	<b>Cat. 3</b>	60 - 114	13
A	t	A	A	t	0	0	A	0	0	A	t	0	<b>Cat. 4</b>	55 - 60	1
A	t	A	t	t	t	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 5</b>	45 - 54	7
A	t	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 6</b>	27 - 44	9
A	0	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 7</b>	20 - 26	10
t	0	t	t	t	0	0	t	0	0	t	t	0	<b>Cat. 8</b>	10 - 19	6

A	Mode de transport existant dans toutes les agglomérations
t	Mode de transport partiellement existant
0	Mode de transport inexistant

Figure 1 Classes, moyens de transports et caractéristiques des agglomérations.

On différencie d'abord les moyens de transport « définissant la catégorie » et les autres. Ici, les systèmes de transport définissant la catégorie sont ceux permettant de classer les agglomérations. Ceci produit huit catégories en cohérence, à quatre exceptions près, avec les classes de taille définies selon la dimension de l'agglomération, et qui sous-divisent celles-ci. Les quatre agglomérations faisant exception sont situées légèrement au-dessus des valeurs-limites respectives ce qui ne fait que souligner que celles-ci ne sont que des éléments d'appréciation et non des limites définitives.

Qui plus est, l'approche des densités d'utilisation des pôles démontre que les systèmes urbains de transport ferroviaire (tram, chemin de fer urbain et RER) ne conviennent qu'aux plus grandes agglomérations et aux plus peuplées, qui disposent en outre, dans le cas du RER, d'une banlieue dotée de territoires densément peuplés.

### Utilisation des systèmes de transport

Au niveau de chaque agglomération globale, on relève aussi des indicateurs de l'utilisation du système de transports tout entier ainsi que les différents moyens de transport et leurs répercussions négatives. Concernant l'utilisation des moyens de transport, il faut constater que l'augmentation de la taille d'une agglomération accroît la proportion d'utilisateurs des moyens de transport publics et des piétons. Il n'est donc pas surprenant que ce soit dans les plus grandes agglomérations que l'on trouve aussi les valeurs de pollution environnementale les plus élevées. Ceci souligne que le choix des moyens de transport à utiliser doit tenir compte non seulement de leur capacité élevée mais aussi de répercus-

sions environnementales les plus faibles possibles, particulièrement dans les plus grandes agglomérations.

## **Caractéristiques des différents moyens de transport**

### **Paramètres de performance**

L'examen des paramètres de performance comprend de nombreuses caractéristiques des moyens de transport qui déterminent les domaines d'utilisation et les contraintes :

- Capacité: moyenne de voyageurs par unité de temps.
- Interstation: distances et durées d'accès.
- Vitesse du parcours: arrêts compris.
- Qualité de la desserte: on retient ici la facilité avec laquelle des destinations distinctes sont accessibles. Cette évaluation est qualitative et dépend, comme les critères suivants, de décisions propres aux entreprises.
- Fiabilité: les différentes technologies et mode d'exploitation de moyen de transport ont pour conséquent des valeurs de fiabilité distincts. P. ex. les systèmes de RER ont une ponctualité élevée à cause de l'indépendance de la voie du TIM.
- Disponibilité temporelle: toutes les offres ne sont pas disponibles 24h/24, et pour les transports publics précisément, ceci entraîne une dégradation de la disponibilité dans les plages mobiles.
- Disponibilité spatiale: dans les transports publics, il est impossible de couvrir à 100% un territoire, les zones de desserte raisonnablement accessibles diffèrent selon les moyens de transport.
- Les résultats de cette étude sont présentés à la figure Figure 2. On peut y voir que les transports publics (TP) liés au rail présentent d'une part les performances les plus élevées, d'autre part, que l'accès y est le plus complexe. Le transport individuel motorisé (TIM) propose en cas de bonne desserte et de performance moyenne, une vitesse de parcours très élevée tandis que la mobilité douce (MD), à savoir les piétons (Pt) et les cyclistes, propose la meilleure desserte mais aussi les vitesses de parcours les plus faibles.

Figure 2 Composition des paramètres de performance

	Pt	Vélo	Bus	Tram	RER	Métro	TIM	Téléphériques
<b>Performance [P/h], orientée sur le confort</b>	700 - 3'500	100 - 700	1'500 - 3'000	2'000 - 5'000	4'500 - 18'000	3'000 - 10'000	4'000 - 6'000	2'800-8'000
<b>Interstation [m]</b>	-	-	300 - 700	300 - 700	2'000- 3'500	500 - 1'500	-	100-5'000
<b>Ø Vitesse du parcours [km/h]</b>	5	20	20	20	40-50	30	30-60	20-50
<b>Qualité de la desserte</b>	Très haute	Très haute	Haute	Moyenne	Moy. faible	Moy. faible	Haute	Médiocre
<b>Fiabilité</b>	Moy	Moy	Moy. faible	Moy. faible	Haute	Haute	Faible	Haute
<b>Disponibilité temporelle</b>	Très haute	Très haute	Moy. haute	Moy. haute	Moyenne	Moyenne	Très haute	Moy. haute
<b>Disponibilité spatiale</b>	Très haute	Très haute	Très haute	Haute	Moyenne	Moyenne	Très haute	Faible

## Répercussions

L'utilisation d'un moyen de transport particulier est associée obligatoirement à l'utilisation de ressources et à des répercussions sur la société et l'environnement. Ceci vaut aussi, bien que dans une mesure fortement limitée, pour la mobilité douce :

- **Sécurité du transport:** avec un taux d'accident au kilomètre par personne qui correspond au centième des TIM, les transports publics sont bien plus sûrs que les transports individuels motorisés. Rapportés au nombre d'accidents et de blessures corporelles, les transports publics proposent un niveau de sécurité supérieur à celui de la mobilité douce.
- **Occupation des sols:** le TIM a la consommation de surfaces la plus élevée par prestation de trafic, tandis que la mobilité douce présente les valeurs les plus basses. Les TIM, le bus et le tramway se déplaçant dans la même zone de trafic, des économies de places y sont possibles, mais aux dépens de la performance.
- **Qualité de vie dans l'espace public:** les systèmes de transport influent de nombreuses façons sur le développement urbain. Les prix des terrains, l'armature urbaine et l'aménagement du territoire en sont particulièrement impactés. Ici, on attribue au RER une contribution essentielle à la concentration intérieure d'aires proches des stations. Simultanément, les prix des terrains sur des sites bien desservis, particulièrement autour des gares ferroviaires, sont plus élevés qu'en banlieue. En outre, on constate qu'il y a moins de propriétaires d'automobiles et que les revenus sont plus élevés dans les corridors ferroviaires.
- **Emissions et consommation énergétique:** le trafic génère des quantités significatives de polluants. On ne peut les éviter, mais elles fluctuent fortement entre les différents moyens de transport. Le trafic routier en particulier est très polluant. En raison des taux d'occupation qui y sont généralement très faibles, ceci entraîne dans le TIM des pollutions ou des valeurs de consommation individuelles très élevées.
- **Dépenses en termes de transport:** ici, on ne tient pas compte des frais d'investissement de manière comparative car ceux-ci dépendent fortement des conditions locales et sont donc soumis à d'importantes fluctuations. Ainsi, les valeurs moyennes sont également peu utiles. Les frais

opérationnels de la mobilité douce sont quasiment inexistantes tandis qu'ils sont très élevés pour les TIM et particulièrement les transports publics. En raison du kilométrage parcouru et de l'occupation des véhicules élevés, les transports publics sont cependant bien plus avantageux en termes de prestation de transport.

- **Vandalisme**: le recensement des délits dépend fortement de la structure de l'entreprise. En conséquence, il existe peu de valeurs comparables et il faut partir de l'hypothèse d'un chiffre noir élevé. Cependant, il est clair que ceci entraîne des coûts considérables dans les transports publics.

Il est évident que les transports publics utilisent plus efficacement que le transport individuel motorisé les ressources disponibles, en raison de leur caractère collectif. Mais, en raison des coûts fixes élevés et des tailles des réservoirs, les transports publics ne conviennent pas à toutes les utilisations. La mobilité douce représente sous de nombreux aspects le moyen de transport le plus économe en ressources et le plus écologique mais par sa nature, est limité dans son application par sa couverture restreinte.

## **Profils d'utilisation**

### **Hierarchie et domaines d'utilisation des moyens de transport**

Les paramètres de performance et les répercussions montrent clairement que les domaines d'utilisation économiquement pertinents des moyens de transport public sont fortement échelonnés. On peut de manière simplifiée regrouper les moyens de transport public dans l'ordre bus, tram, RER, et où il existe pour chaque moyen de transport un secteur dans lequel son utilisation est optimale.

Cette hiérarchie est aussi représentée lorsque l'on considère la couverture en fonction des temps de parcours. Ainsi les parcours avec les moyens de transport « mineurs » offrent sur de courtes distances les temps de parcours les plus faibles. Sur des distances plus longues, par contre, les moyens de transport « majeurs » offrent les temps de parcours les plus courts (Figure 3). La suite logique étant qu'il faut intégrer les différents moyens de transport en fonction de leur rôle optimal. De plus, il faut noter à cet égard que le TIM génère dans tous les cas les coûts d'exploitation les plus élevés mais aussi, souvent, les temps de parcours les plus courts.

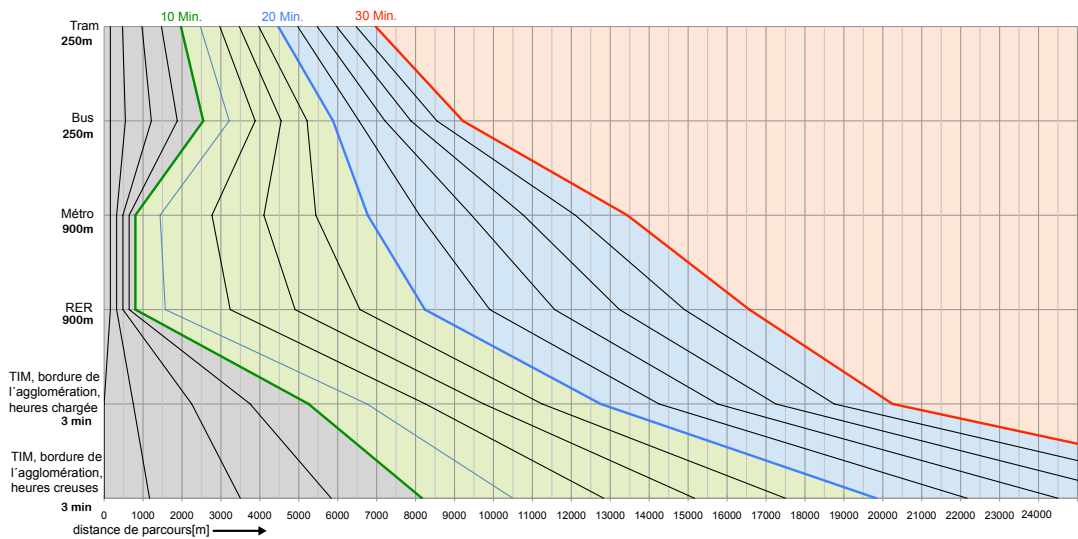


Figure 3 Couverture des moyens de transport en fonction du temps de parcours

### Avantages et désavantages relatifs

Les résultats permettent de classer les moyens de transport à l'aide de leurs caractéristiques. Ceci révèle leurs forces et leurs faiblesses distinctives. Comme le montre clairement la Figure 4, la mobilité douce est avantageuse en terme de consommation de ressources et de qualité de la desserte tandis que ses vitesses sont très faibles. Les forces des transports publics résident dans une performance très élevée et une sécurité alliées à une consommation de ressources moindre, néanmoins les vitesses de parcours sont limitées et la qualité des dessertes est faible. Par contre, le TIM propose les vitesses de parcours les plus élevées ainsi qu'une bonne desserte, associées néanmoins à une consommation de ressources élevée et une sécurité moindre.

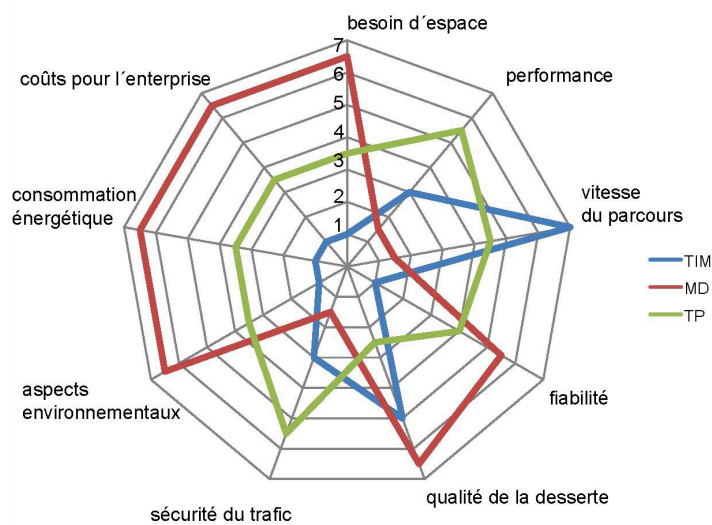


Figure 4 Profils d'aptitude des catégories de moyens de transport



## Résultats

### Critères d'utilisation

La présente étude permet de déduire des valeurs minimales pour l'utilisation de moyens de transports précis (Figure 5). Ainsi, les moyens de transport envisageables peuvent être rapidement limités à ceux qui doivent être étudiés raisonnablement et ce dans une étude approfondie des variantes. D'autres caractéristiques d'utilisation décrivant en détails les propriétés des moyens de transport peuvent être utiles dans ce contexte. Mais il ne faut pas oublier que les valeurs indiquées doivent être comprises comme étant des valeurs indicatives approximatives.

Figure 5 Tableau des critères d'utilisation

	Habitants, min. <sup>1</sup>	Densité de pop min. [hab/ha]	Densité du pôle min. [hab&occ/ha]	rayon virt. min. [km]	Performance p/h <sup>2</sup>
Tramway en site propre	300'000	38	5'000	6.1	3'000-6'000
Autoroute : partie d'un périphérique	12'000	35	1'500	3.3	4'000-6'000
nœuds du RER <sup>3</sup>	95'000	25	1'250	2.4	4'500-18'000
Tramway	75'000	34	4'000	2.7	2'000-5'000
Accès du RER	-	-	100	-	4'500-18'000
Train régional :	-	-	100	-	4'500-10'000
Bus de ville :	-	-	100	-	1'500-3'000
Autoroute/RP: intra-urbaine	-	20	-	1.8	4'800-7'200
Autoroute/RP: interne à l'agglomération	-	-	-	-	4'800-7'200
Autoroute : bretelle d'accès	-	-	-	-	4'800-7'200
Vélo	-	-	-	-	100-700
Zone piétonnière (largeur 2,5m - 4m )	-	-	-	-	680 – 3'100

<sup>1</sup> Agglomération globale

<sup>2</sup> Hypothèse pour un TIM de 1,2 personnes par véhicule

<sup>3</sup> Nœud central d'un RER, p. ex. Zurich centrale ou Berne. Les gares de correspondance ne sont pas incluses

### Résumé

Les systèmes de transport ferroviaire urbain ne sont pertinents que dans les plus grandes agglomérations car c'est là que l'on trouve les territoires les plus grands et les plus denses nécessitant une desserte interne hautement performante. Les systèmes de RER sont adaptés dans quelques autres cas, si une agglomération peut créer un nœud qui sera un centre d'activité. Par contre, tous les autres systèmes sont adaptables et donc utilisables de façon flexible dans de nombreux cas.

### Nécessité d'une recherche complémentaire

Le présent travail a révélé un besoin en recherche complémentaire dans plusieurs domaines. Ceci contient des réflexions à l'optimum économique pour tester des solutions. Des potentiels en recherche complémentaire dans le domaine de planification et d'utilisation de moyen de transport, notamment en terme de distance d'accès aux haltes, l'impact de mesures d'accompagnement comme la politique de stationnement ainsi que l'utilisation des zones piéton dans les agglomérations moyennes. En vu de qualité d'exploitation des transports publics des recherches complémentaires sont nécessaire concernant les effets de perturbations. Dans le cadre d'exploitation des transports publics, les questions de sécurité se posent. Ceci englobe recherches concernant des accidents, le vandalisme dans les transports publics et les TIM et leurs effets.