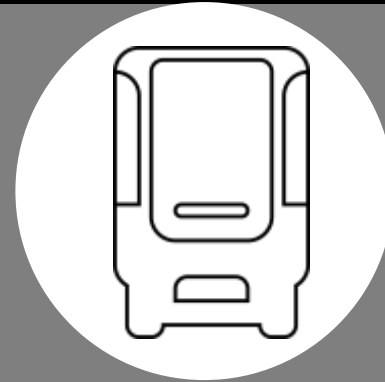


51^e Congrès et Salon des transports de l'AQTr
12 avril 2016 à Québec, QC

Optimisation d'un projet de transport en commun en site propre : Proposition de méthode appliquée au tramway de Montréal



Timothée Millet
M. Sc. Études urbaines
B. Sc. Urbanisme

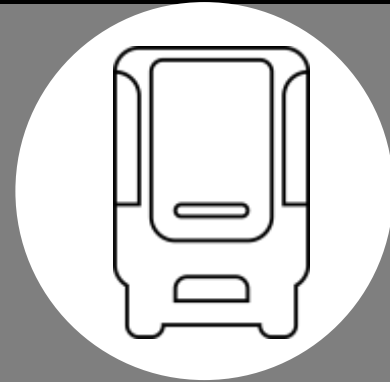
Optimisation d'un projet TCSP : Proposition de méthode appliquée au tramway de Montréal



Autobus en site propre
SRB
BRT



Tramway en site propre
SLR
LRT



Métro
RER
HRT

Optimisation d'un projet TCSP : Proposition de méthode appliquée au tramway de Montréal

Sommaire

Problématique

Méthode

Application

Critique



Problématique



Projet de tramway de la ville de Montréal

Problématique

Projet de tramway de la ville de Montréal

Projet de tramway
Ville de Montréal
2007



Image CCMM 2012

Problématique

Projet de tramway de la ville de Montréal

Projet de tramway
Ville de Montréal
2007



Gérald Tremblay
Maire de Montréal
2002-2012



Problématique

Projet de tramway de la ville de Montréal

Projet de tramway
Ville de Montréal
2007



Gérald Tremblay
Maire de Montréal
2002-2012

1^{er} chantier
Plan de transport
2008



Image VdeM 2008

Problématique

Projet de tramway de la ville de Montréal

Réseau initial 21,9km 3 lignes
Boucle CV, antennes Parc et CDN
Coût investissement 985 M\$



Image VdeM 2008

Gérald Tremblay
Maire de Montréal
2002-2012

1^{er} chantier
Plan de transport
2008



Problématique

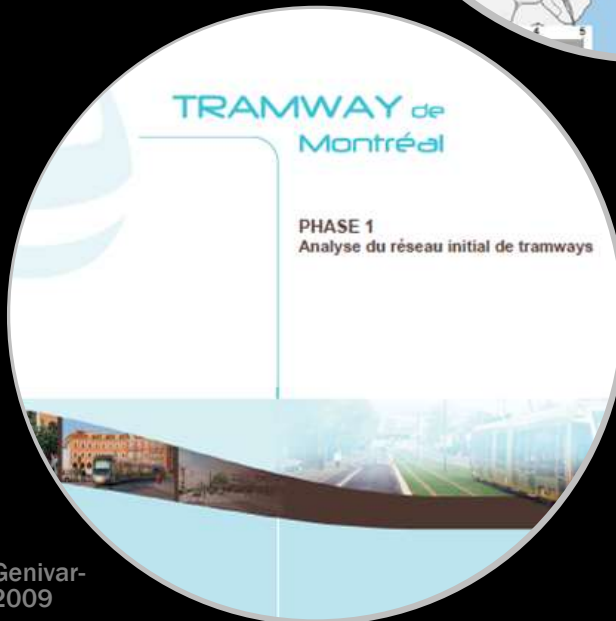
Projet de tramway de la ville de Montréal

Réseau initial 21,9km 3 lignes
Boucle CV, antennes Parc et CDN
Coût investissement 985 M\$



Achalandage 110.000 P/J
Études de préfaisabilité
2009

1^{er} chantier
Plan de transport
2008



Problématique

Projet de tramway de la ville de Montréal

Réseau initial 21,9km 3 lignes
Boucle CV, antennes Parc et CDN
Coût investissement 985 M\$



Achalandage 110.000 P/J
Études de préfaisabilité
2009

1^{ère} ligne 13,2km Boucle CV+CDN
68.000 P/J à terme
contre 40.000 bus actuels

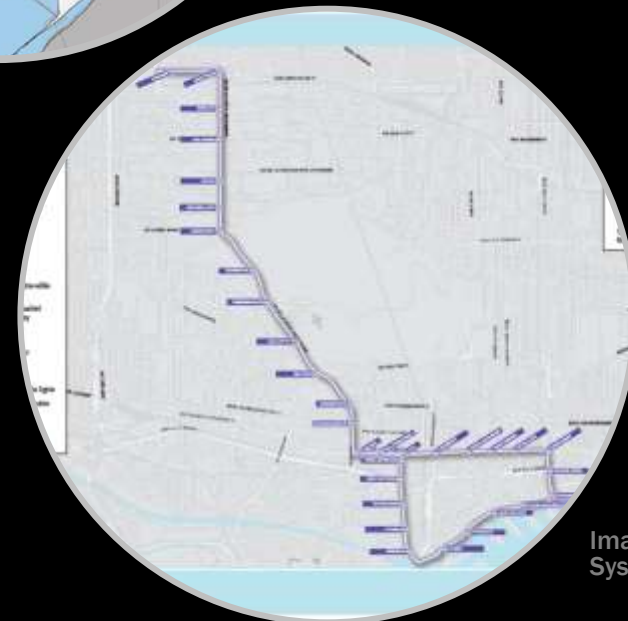
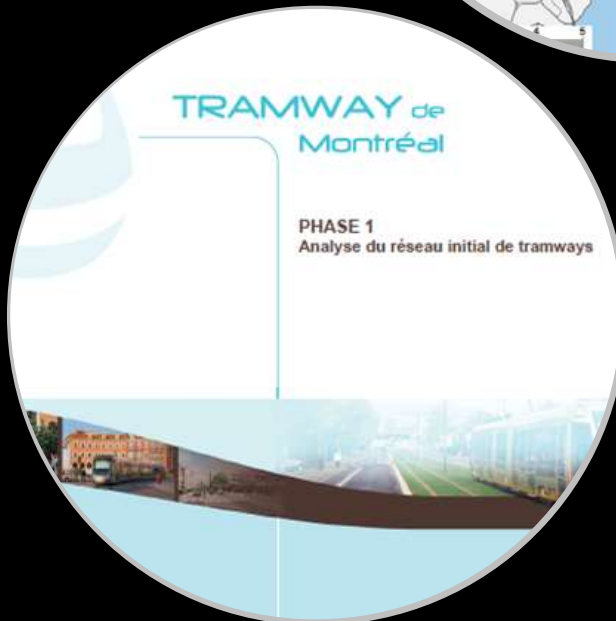


Image Genivar-
Systra 2011

Problématique

Projet de tramway de la ville de Montréal

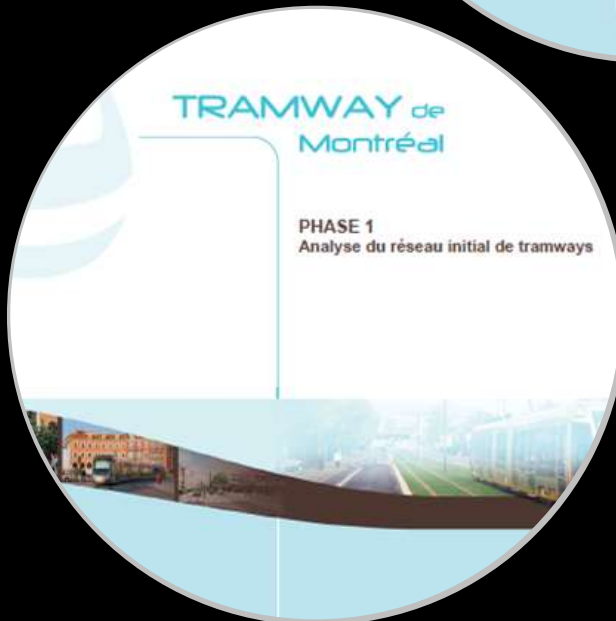
Coût d'investissement 849-951M\$
Études de faisabilité
2011

Achalandage 110.000 P/J
Études de préfaisabilité
2009



Image Genivar-Systra 2011

1^{ère} ligne 13,2km Boucle CV+CDN
68.000 P/J à terme
contre 40.000 bus actuels



Problématique

Projet de tramway de la ville de Montréal

Coût d'investissement 849-951M\$
Études de faisabilité
2011



1^{ère} ligne 13,2km Boucle CV+CDN
68.000 P/J à terme
contre 40.000 bus actuels

Coût d'investissement 1023M\$
Rapport sur le financement
2012



Problématique

Projet de tramway de la ville de Montréal

Coût d'investissement 849-951M\$
Études de faisabilité
2011



Projet de tramway
Ville de Montréal
Abandon 2013

Coût d'investissement 1023M\$
Rapport sur le financement
2012



Constats

- Faisable
- Souhaitable (débat)
- Non-financé
- Moins prioritaire

Coût d'investissement 1023M\$
Rapport sur le financement
2012

Projet de tramway
Ville de Montréal
Abandon 2013



Rapport au maire
de Montréal :
Groupe de réflexion
sur le financement
du tramway



Constats

- Faisable
- Souhaitable (débat)
- Non-financé
- Moins prioritaire

Projet de tramway
Ville de Montréal
Abandon 2013

Intérêt de recherche

- Coûts en constante augmentation
- Recherche de financement réalisée mais
- Aucune recherche d'économie post-études



Constats

- Faisable
- Souhaitable (débat)
- Non-financé
- Moins prioritaire

Intérêt de recherche

- Coûts en constante augmentation
- Recherche de financement réalisée mais
- Aucune recherche d'économie post-études

Question de recherche

Existe-t-il un projet de TCSP au moins autant efficace mais plus efficient pouvant se substituer au projet initial de tramway abandonné par la ville de Montréal ?

Définitions

Efficacité



Résolution
contraintes
techniques

Efficience



Diminution
enjeux
financiers

Intérêt de recherche

- Coûts en constante augmentation
- Recherche de financement réalisée mais
- Aucune recherche d'économie post-études

Question de recherche

Existe-t-il un projet de TCSP au moins autant efficace mais plus efficace pouvant se substituer au projet initial de tramway abandonné par la ville de Montréal ?

Méthode



Méthode

Définition de l'optimisation

Projet

Méthode

Définition de l'optimisation

Projet

Planification
stratégique

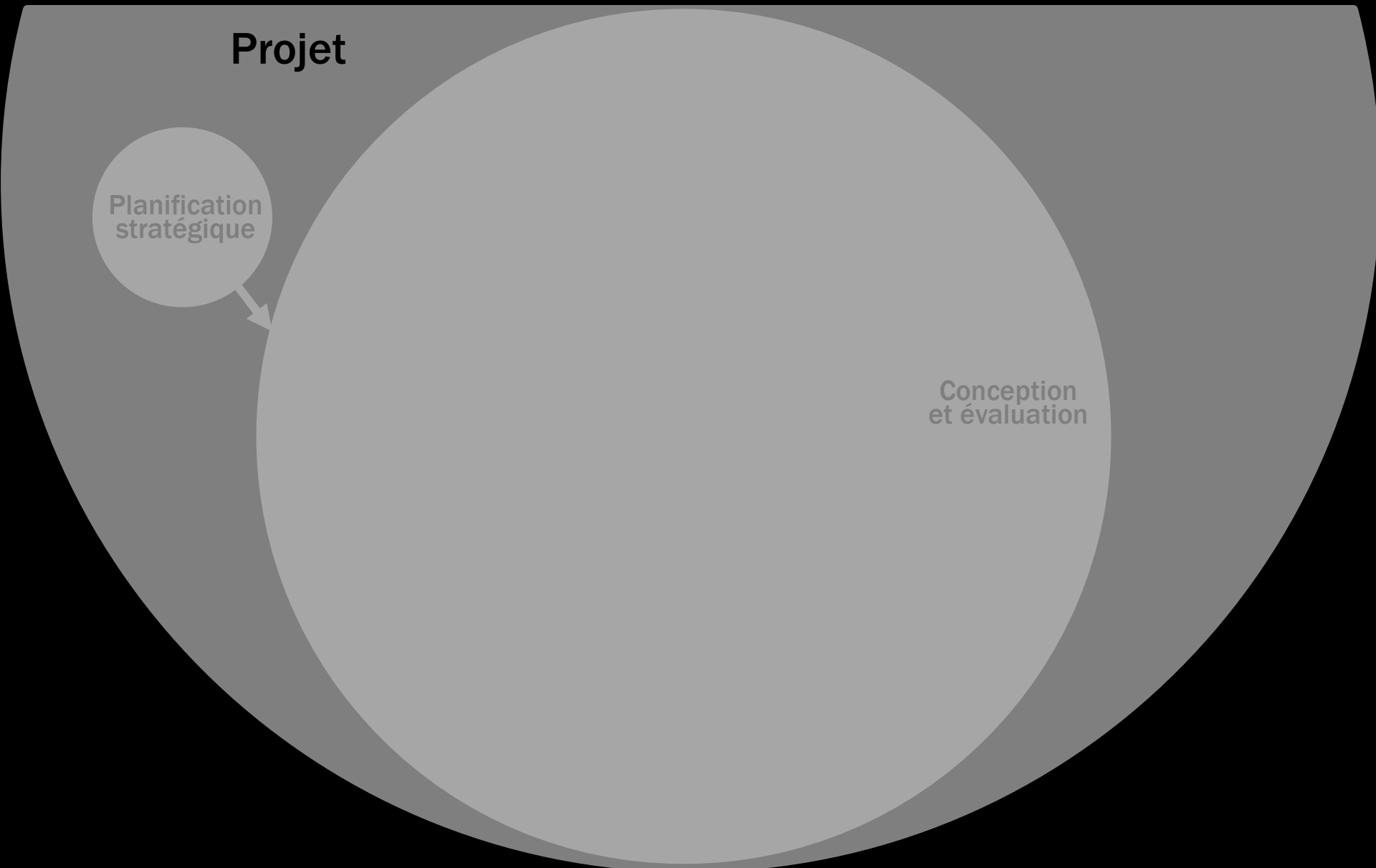
Méthode

Définition de l'optimisation

Projet

Planification
stratégique

Conception
et évaluation



Méthode

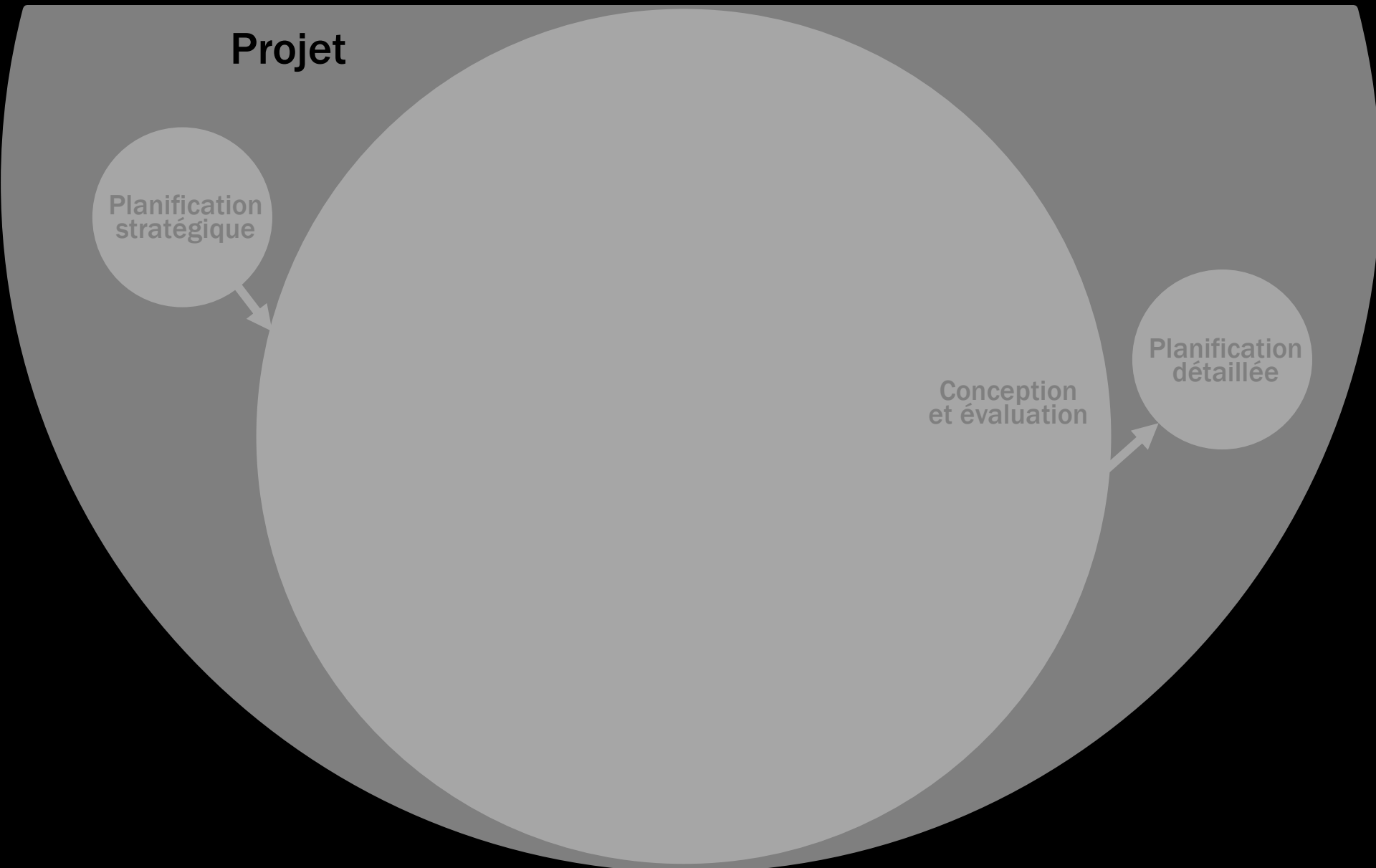
Définition de l'optimisation

Projet

Planification
stratégique

Conception
et évaluation

Planification
détaillée



Méthode

Définition de l'optimisation

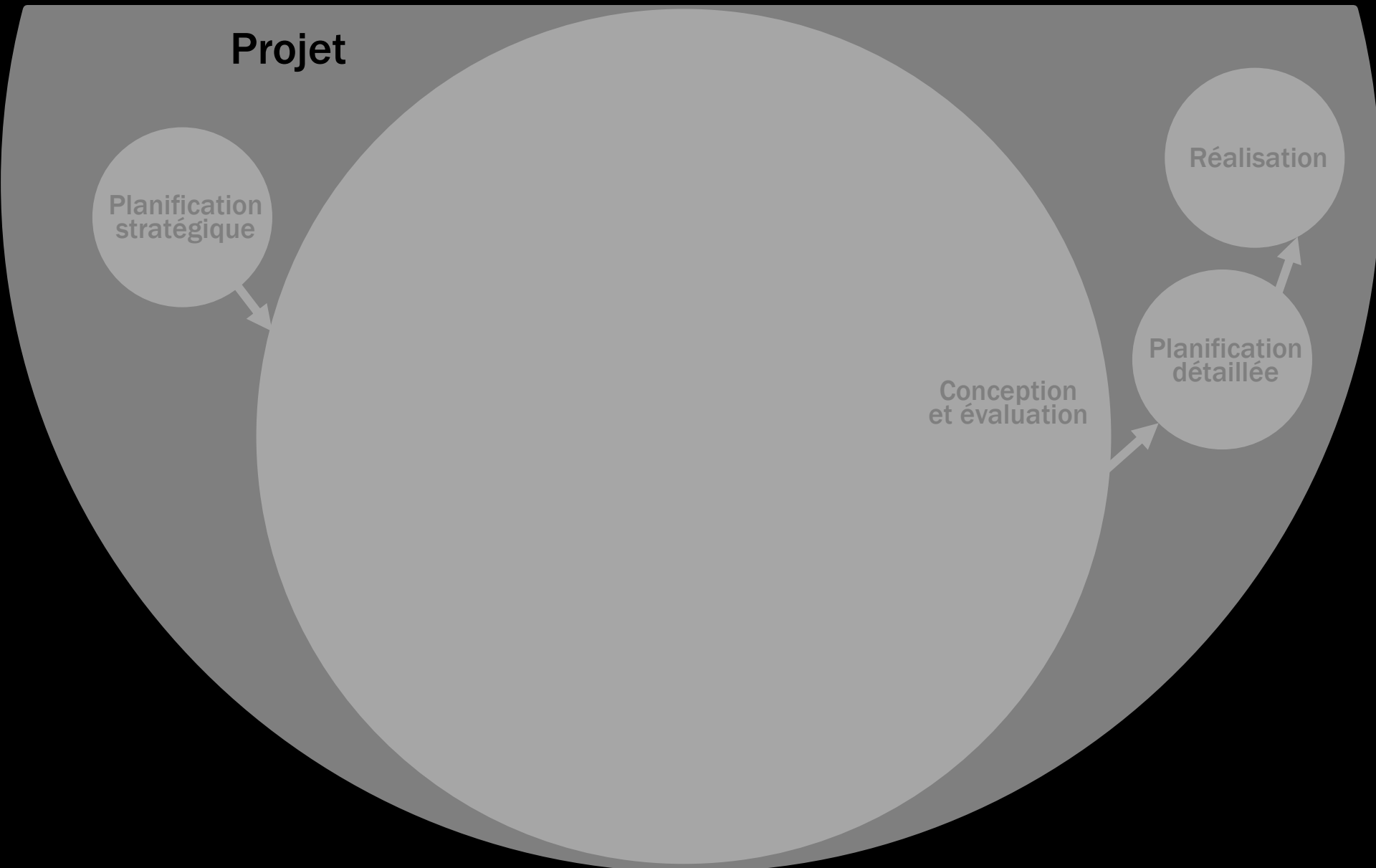
Projet

Planification
stratégique

Conception
et évaluation

Planification
détaillée

Réalisation



Méthode

Définition de l'optimisation

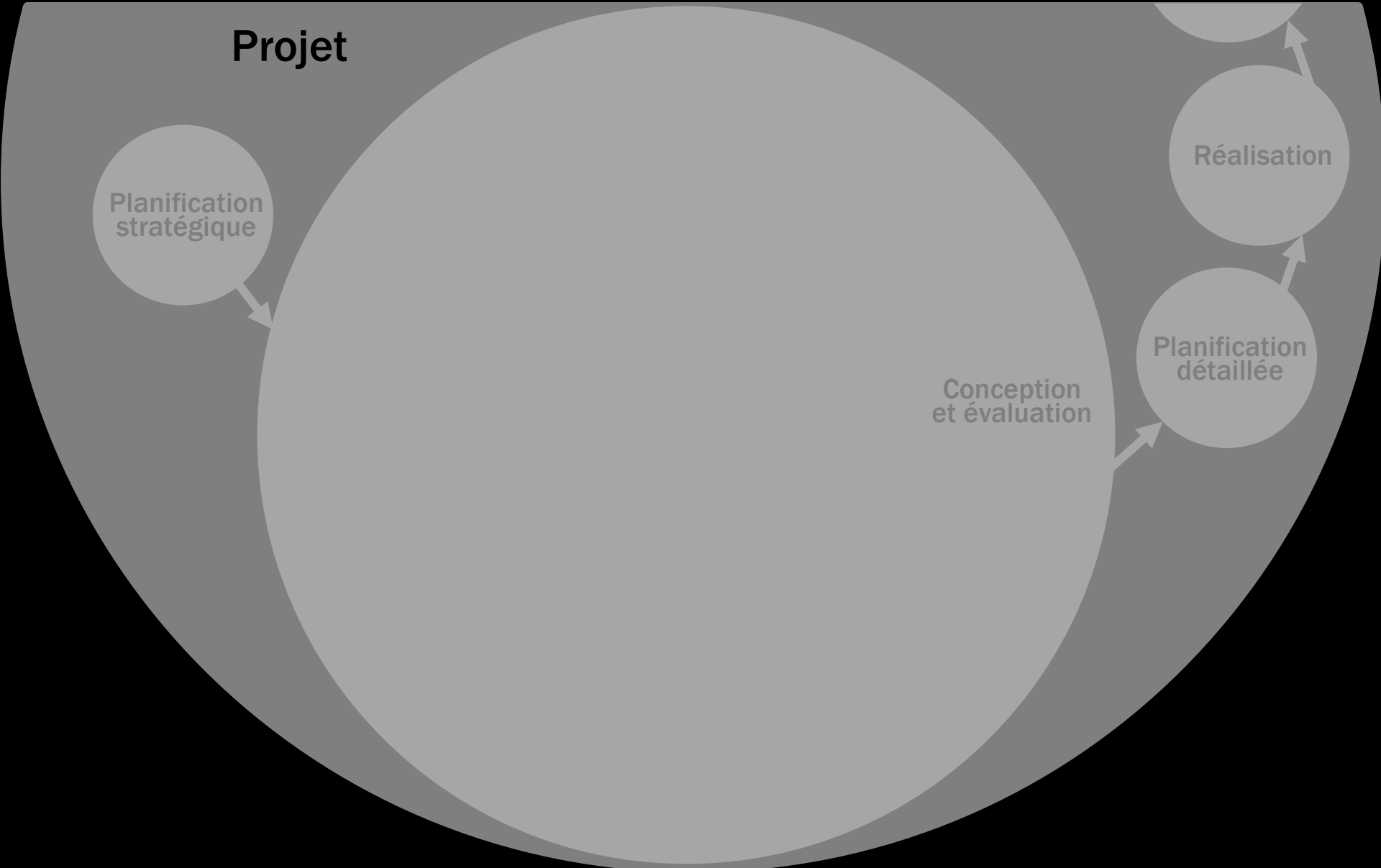
Projet

Planification
stratégique

Conception
et évaluation

Planification
détaillée

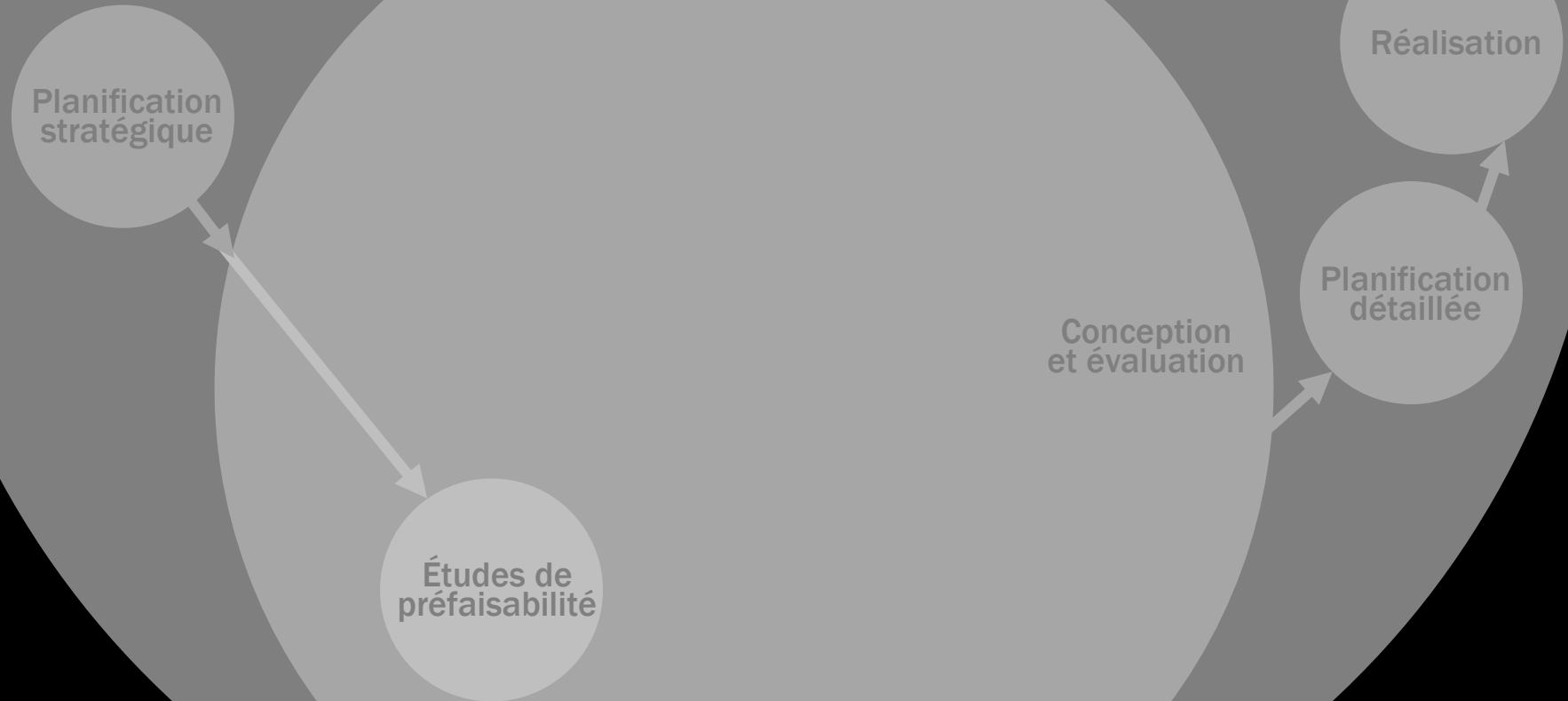
Réalisation



Méthode

Définition de l'optimisation

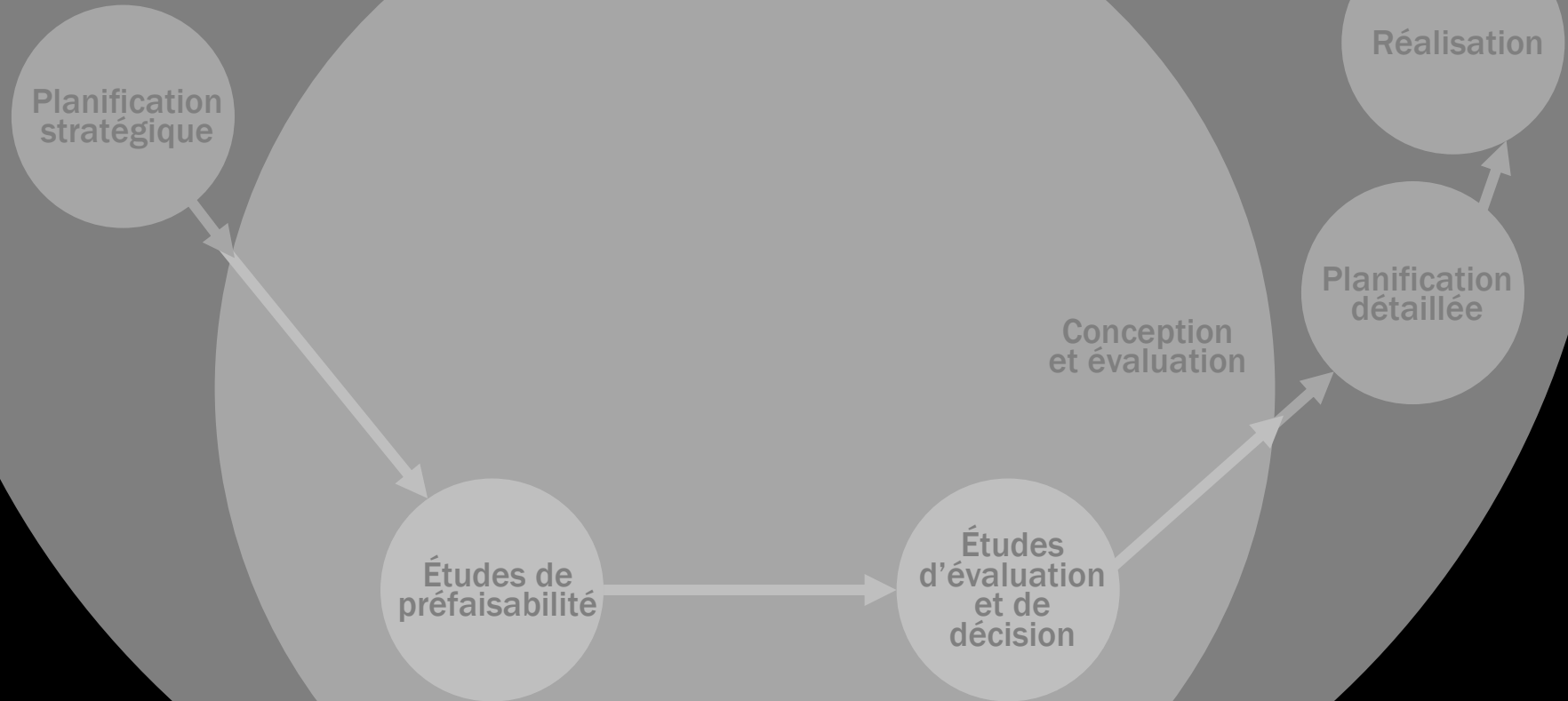
Projet



Méthode

Définition de l'optimisation

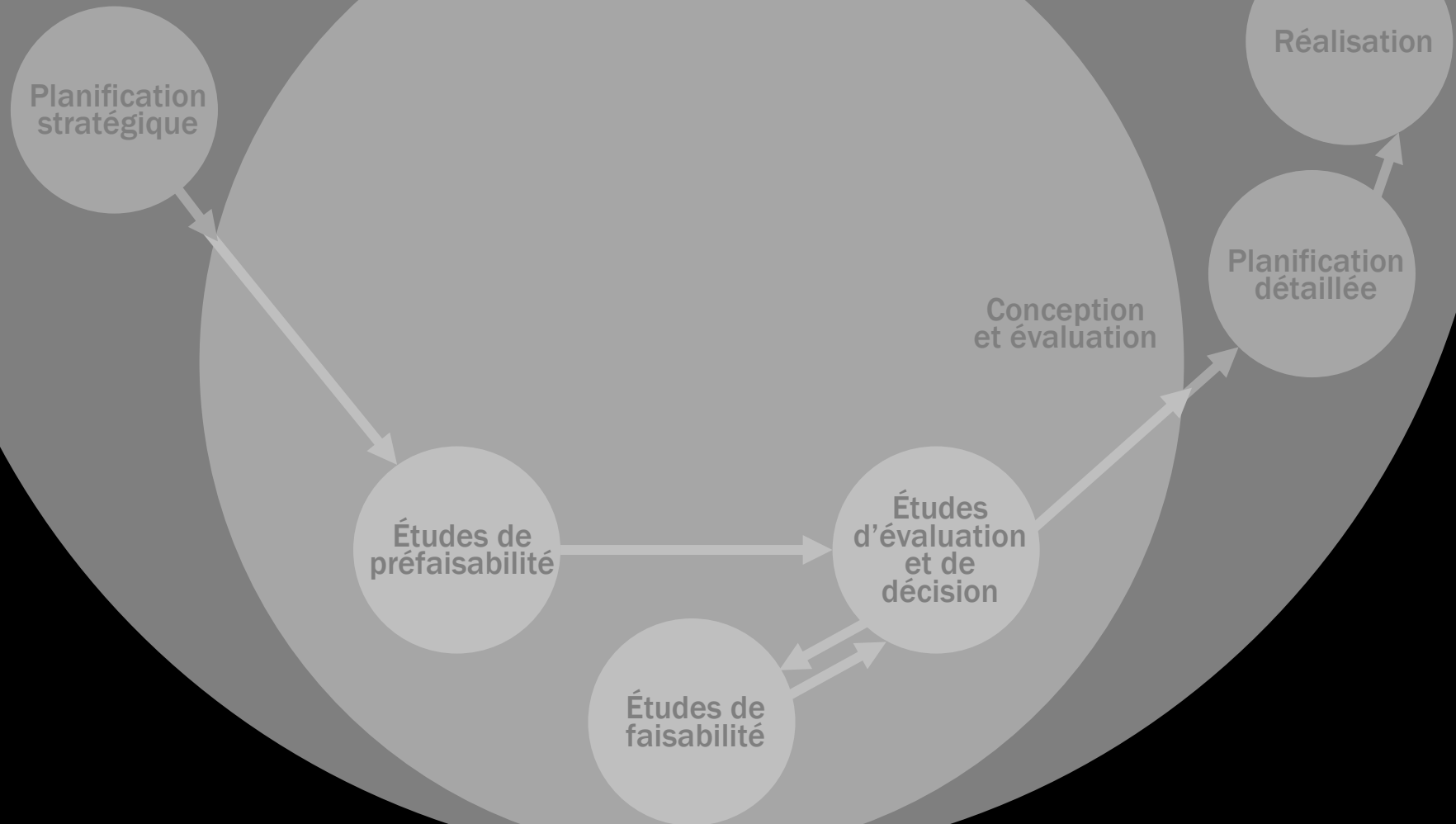
Projet



Méthode

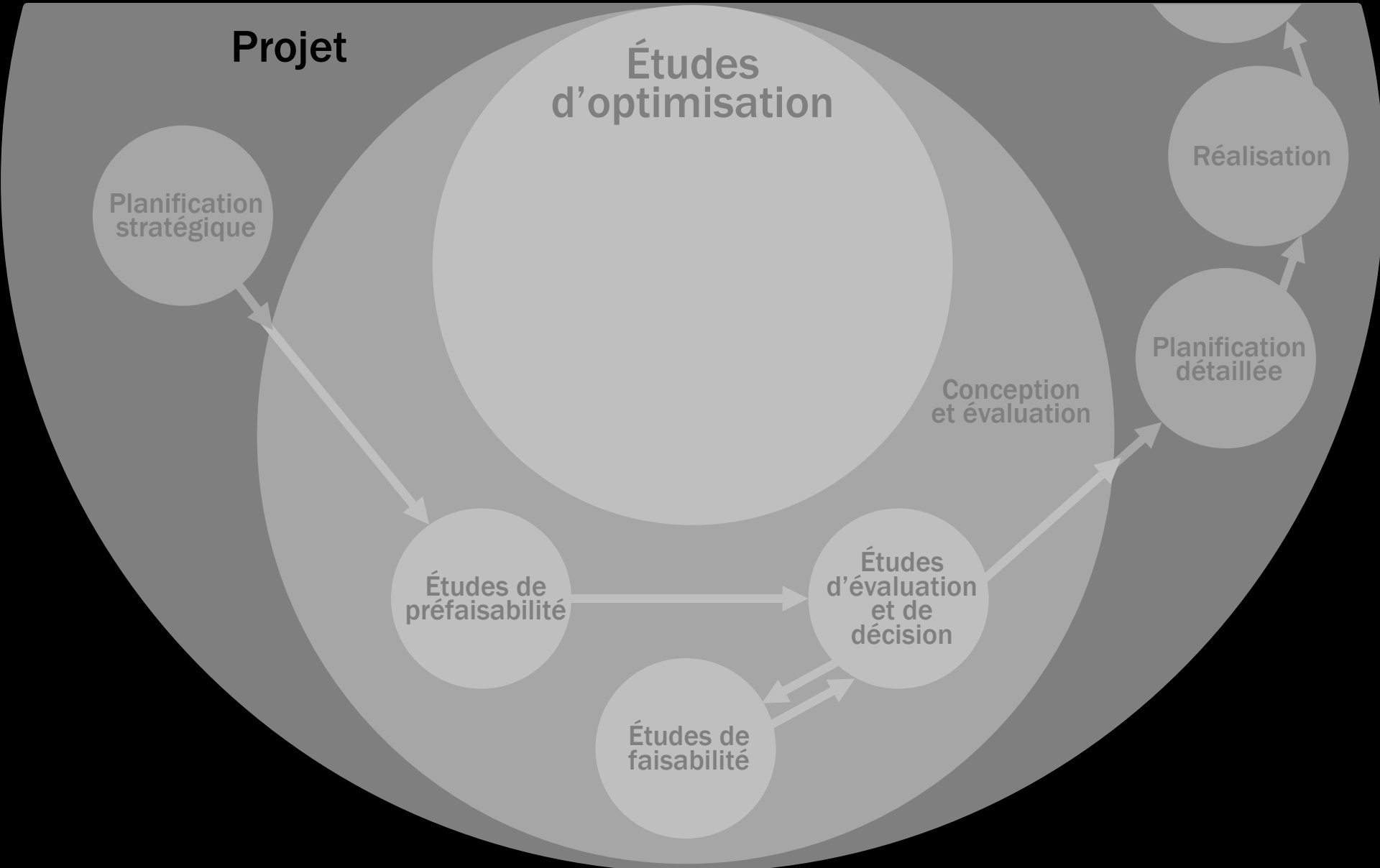
Définition de l'optimisation

Projet



Méthode

Définition de l'optimisation



Méthode

Définition de l'optimisation

Projet

Études d'optimisation

Méthode d'évaluation et d'aide à la décision :

« Démarche consistant à rendre optimal [état le plus favorable] le fonctionnement d'un système » Larousse.

« ...objectif trop ambitieux : celui de désigner en toutes circonstances la meilleure décision, l'optimum » Shärlig 1985.

Conception et évaluation

Planification stratégique

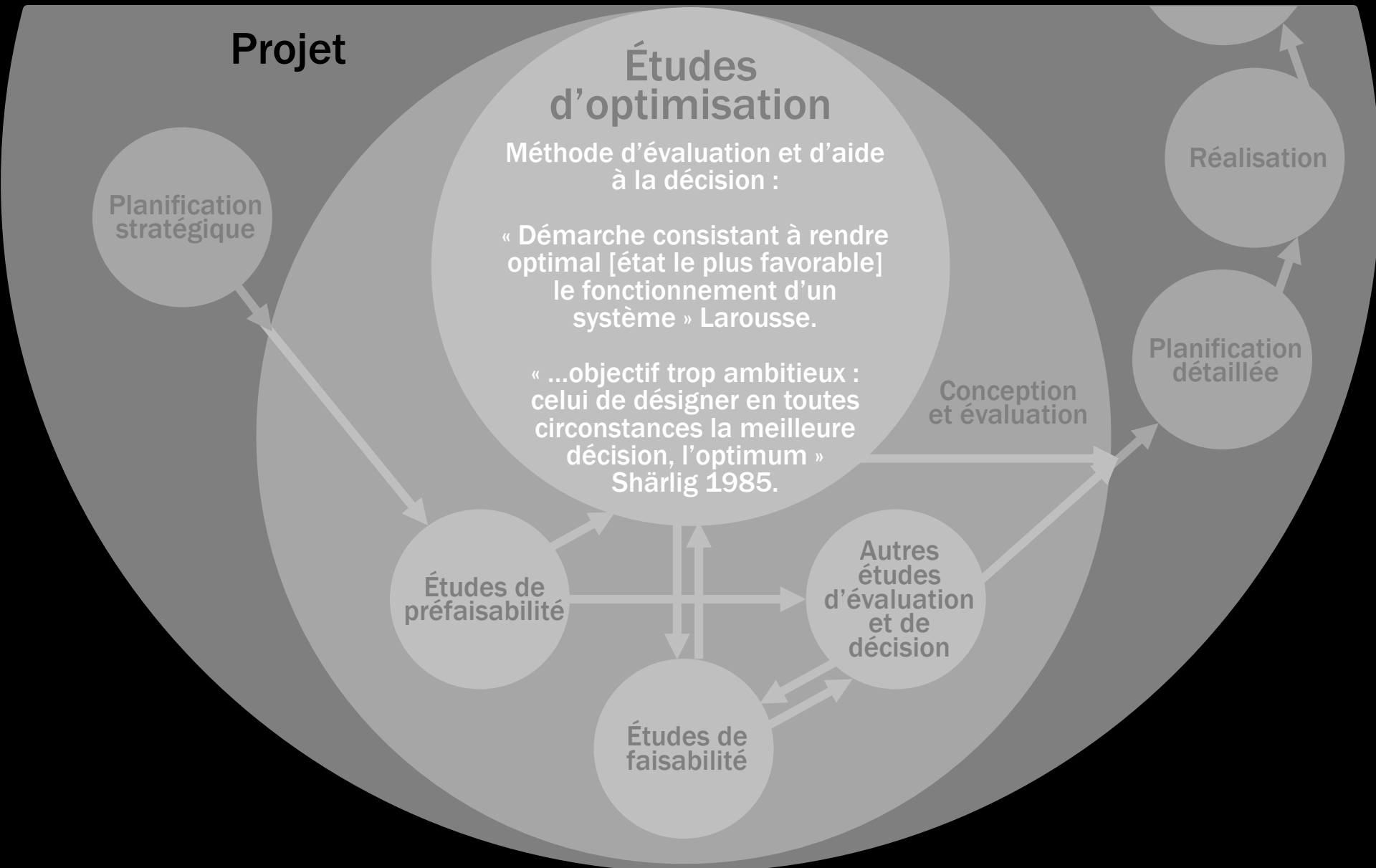
Réalisation

Planification détaillée

Études de pré-faisabilité

Autres études d'évaluation et de décision

Études de faisabilité



Méthode

Définition de l'optimisation

Projet

Études d'optimisation

Optimum unique et décontextualisant, ne reflétant pas les préférences multiples et parfois contradictoires.

Préférence des méthodes multicritères pour l'aide à la décision.

Conception et évaluation

Planification stratégique

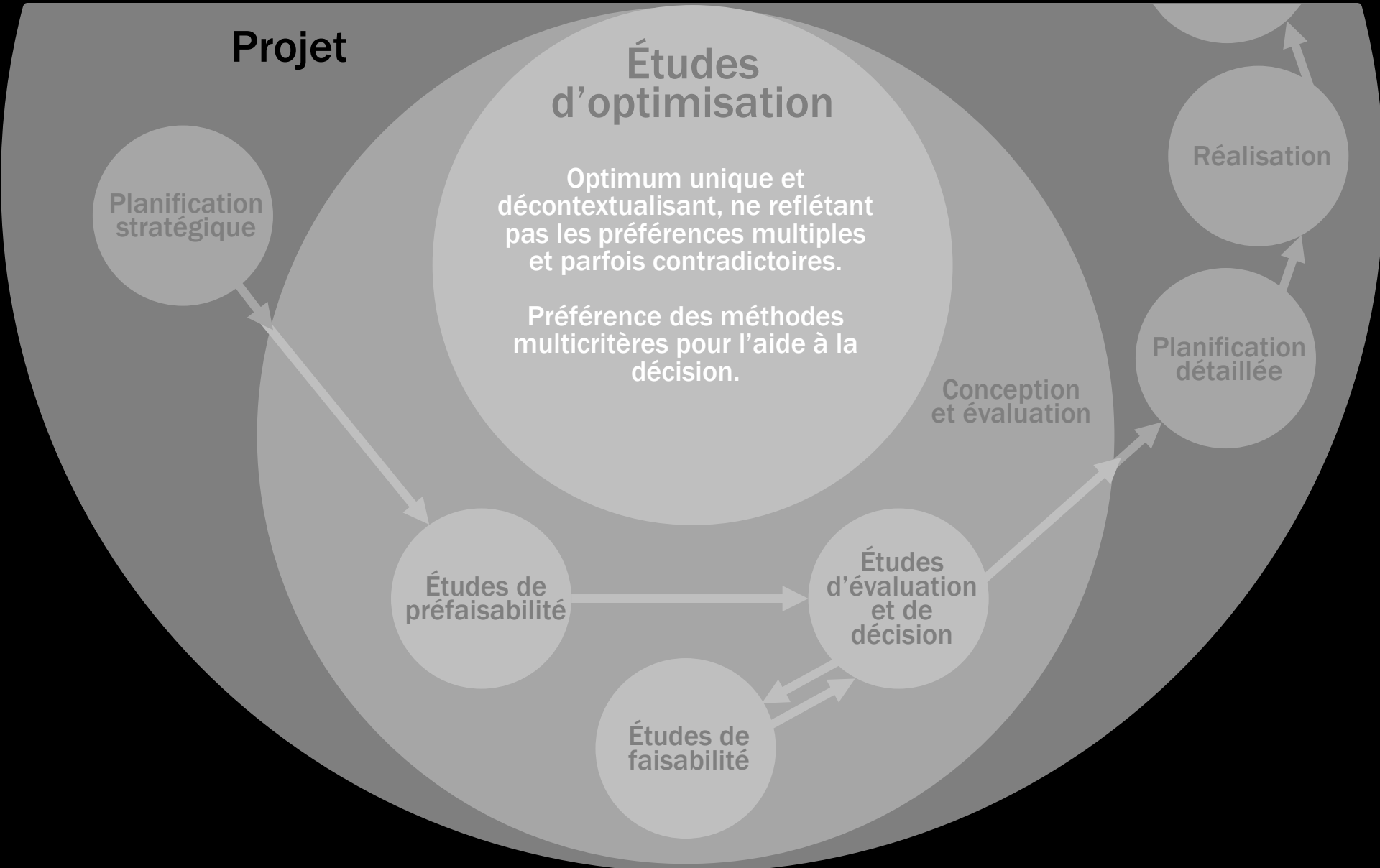
Études de pré faisabilité

Études d'évaluation et de décision

Études de faisabilité

Planification détaillée

Réalisation



Méthode

Définition de l'optimisation

Projet

Études d'optimisation

Or, l'aide à la décision « n'est pas de nature à remettre en cause la définition [du projet] considéré comme imposé a priori, elle n'a donc pas à prendre en compte d'éventuelles révisions [du projet] qu'elle susciterait »
Roy 1985.

Que faire si elle en suscite ?

Conception et évaluation

Planification stratégique

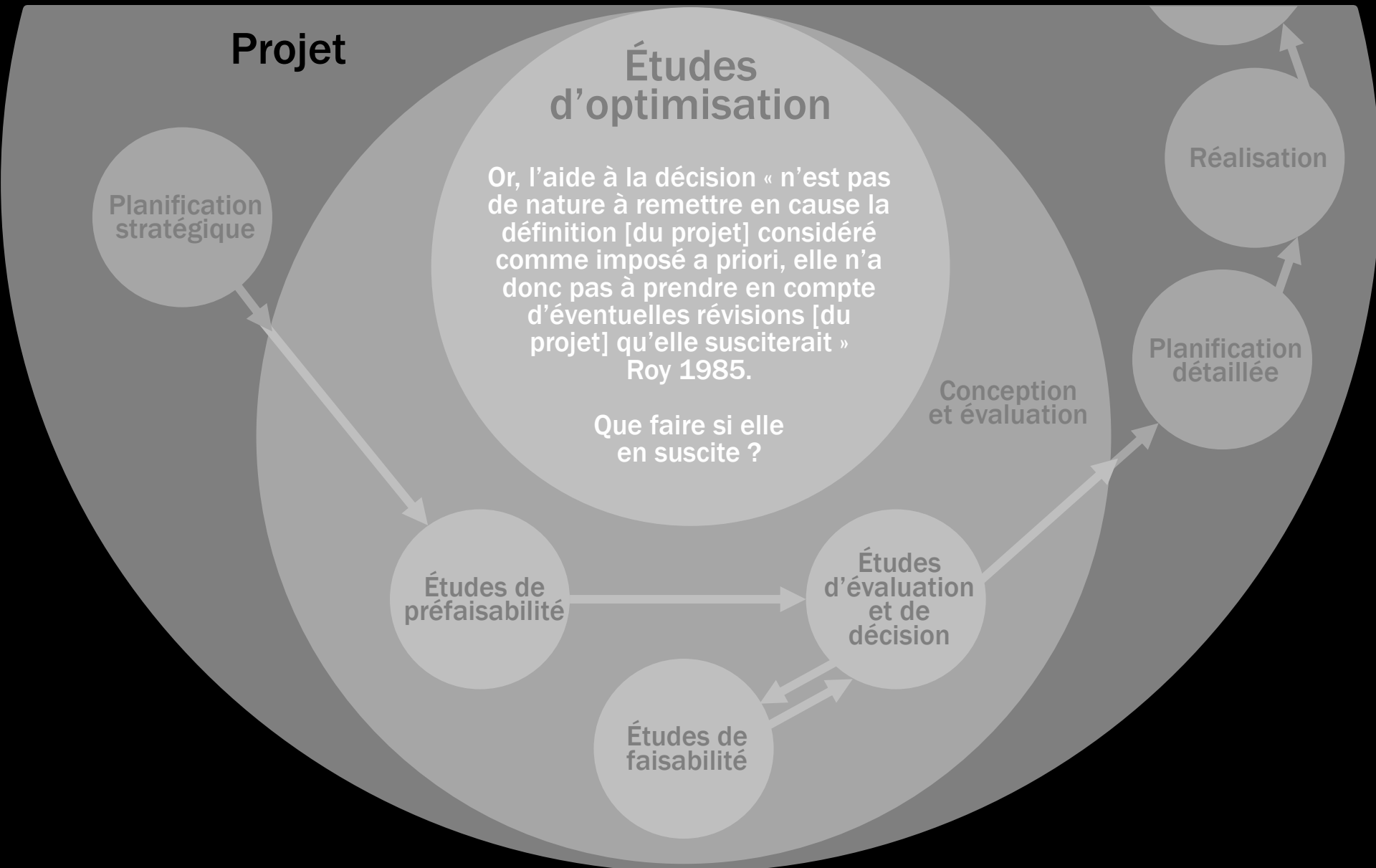
Études de pré-faisabilité

Études d'évaluation et de décision

Études de faisabilité

Planification détaillée

Réalisation



Méthode

Définition de l'optimisation

Projet

Études d'optimisation

« il ne s'agit plus ici d'une simple rectification [du projet], il faut faire preuve de créativité » Roy 1985.

Modifier le projet selon un optimum défini d'après les révisions suscitées.

Modifications évaluées a posteriori par une méthode d'aide à la décision prenant en compte les préférences multiples et contradictoires.

Conception et évaluation

Planification stratégique

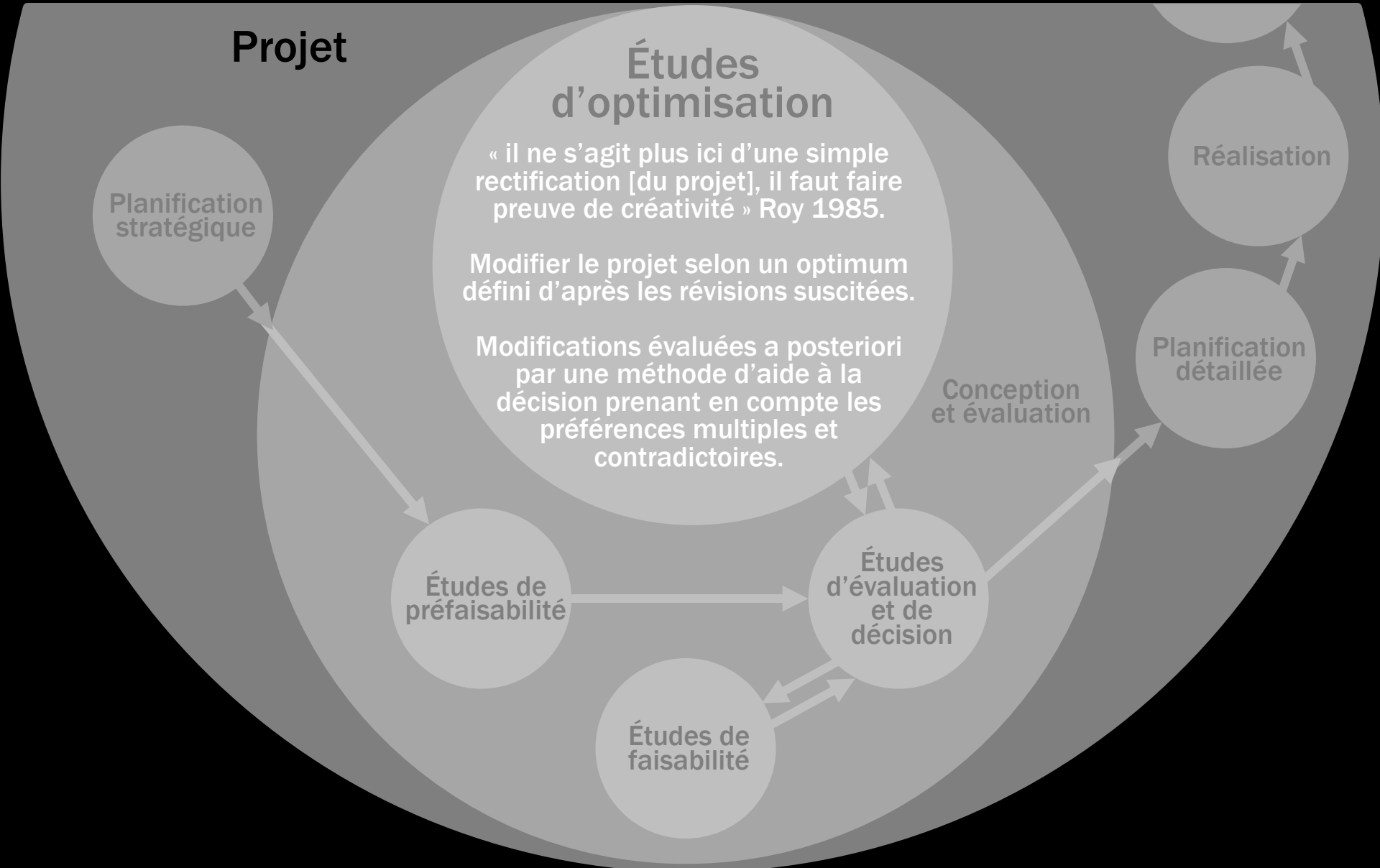
Études de pré faisabilité

Études d'évaluation et de décision

Études de faisabilité

Planification détaillée

Réalisation



Méthode

Définition de l'optimisation

Projet

Études d'optimisation

Méthode d'optimisation :

Développement de nouvelles actions potentielles, ou scénarios, d'un projet selon un optimum prédéfini.

Rétroactif et préalable aux études d'évaluation et de décision.

Conception et évaluation

Planification stratégique

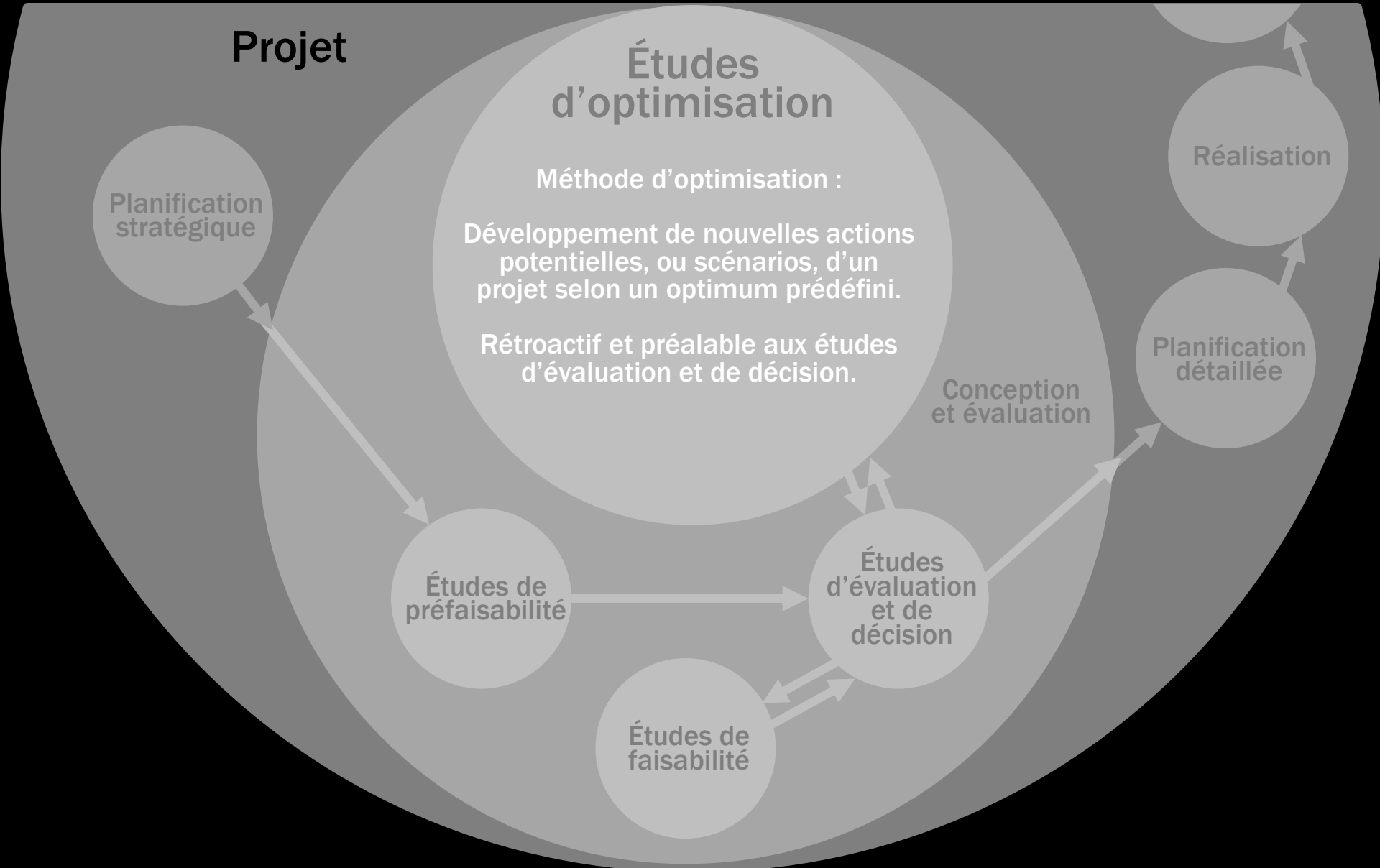
Études de préfaçabilité

Études d'évaluation et de décision

Études de faisabilité

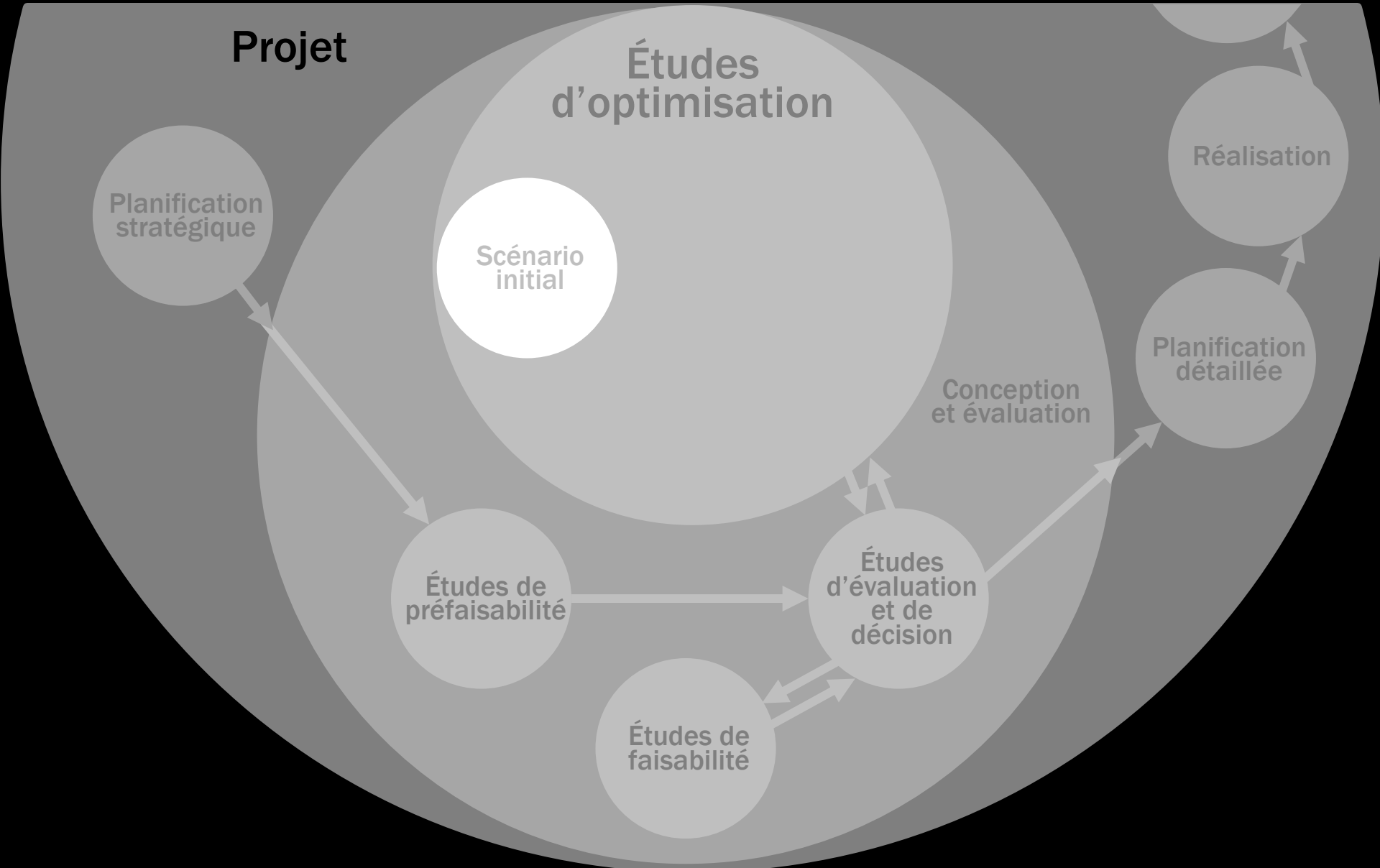
Planification détaillée

Réalisation



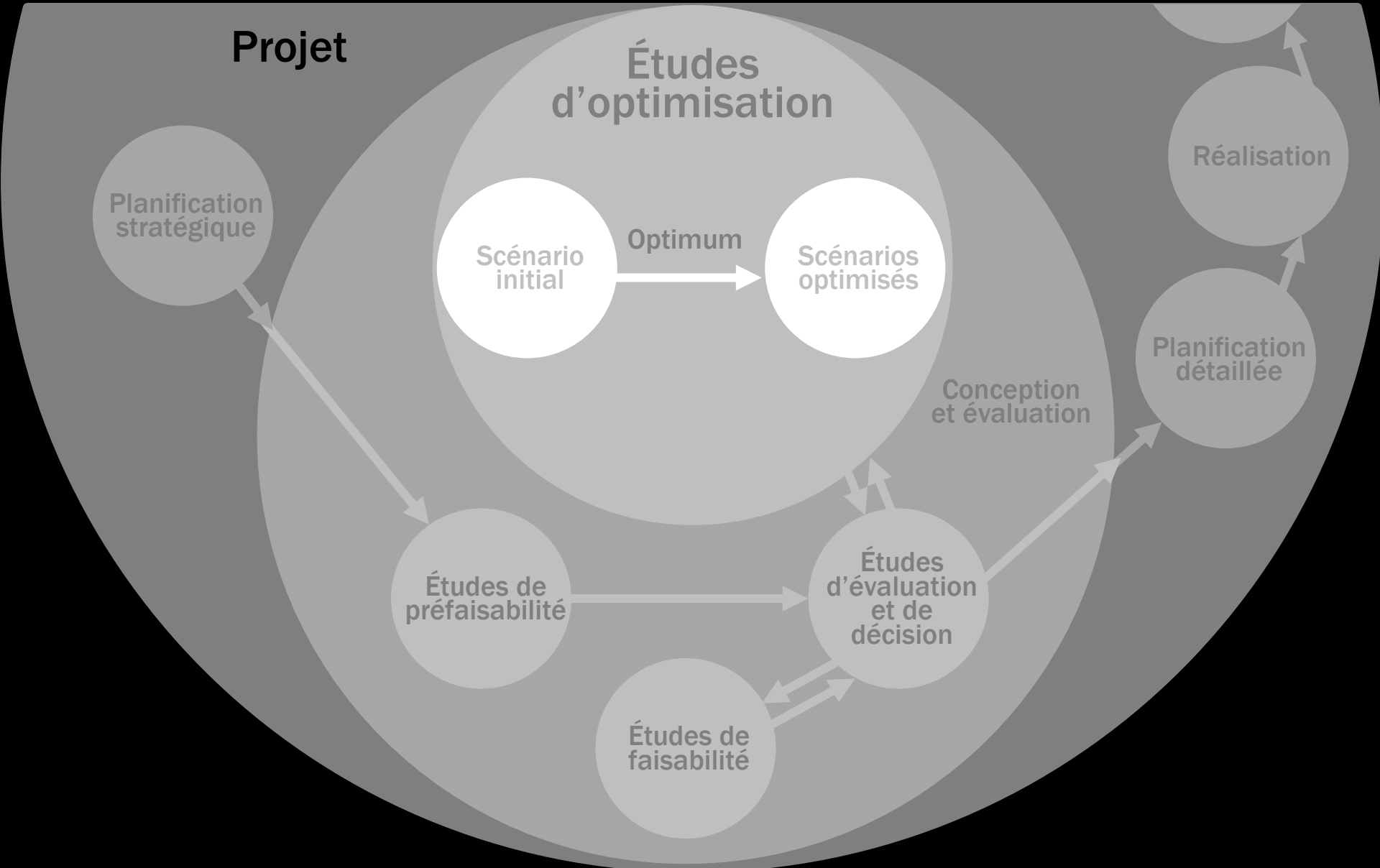
Méthode

Définition de l'optimisation



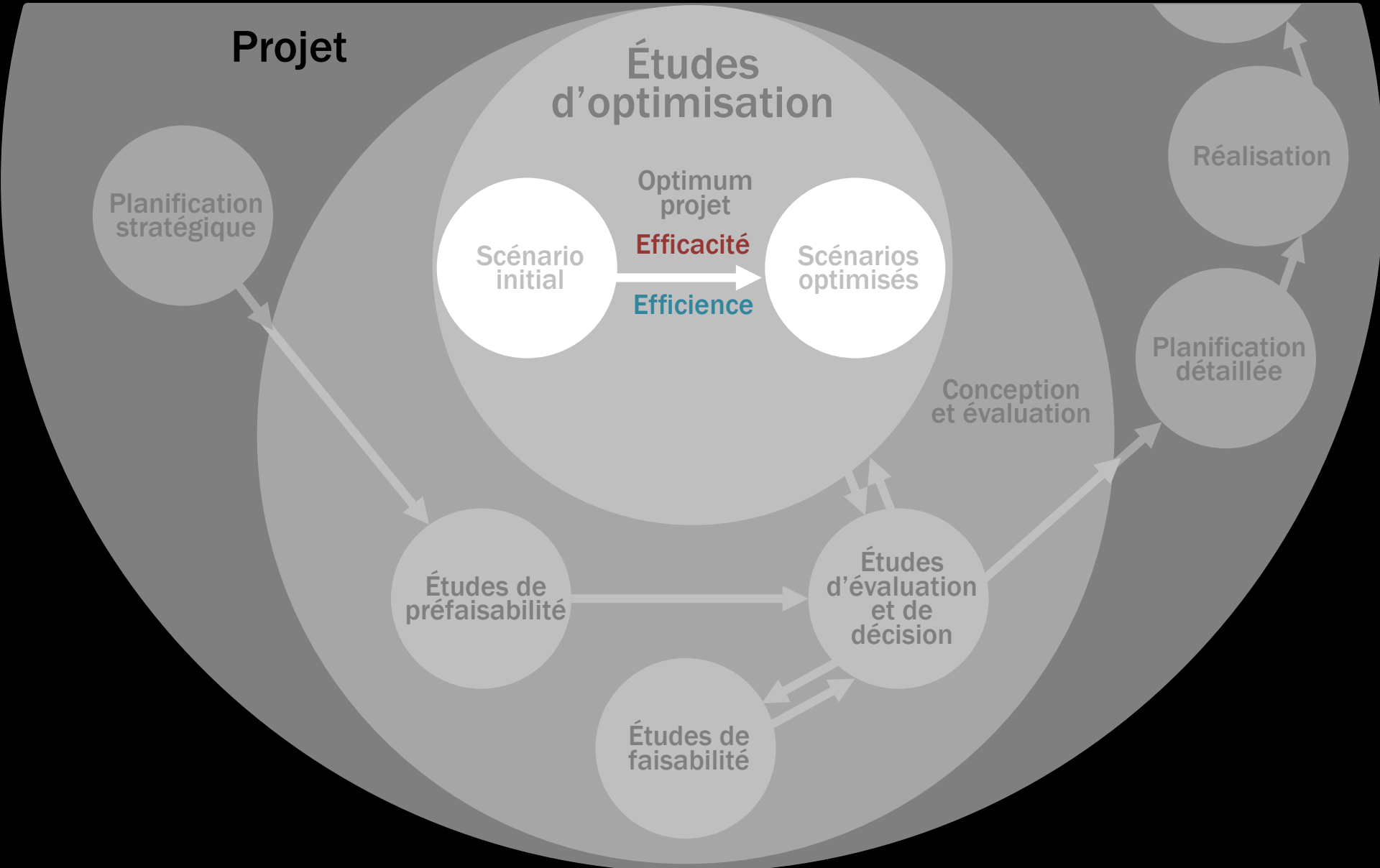
Méthode

Définition de l'optimisation



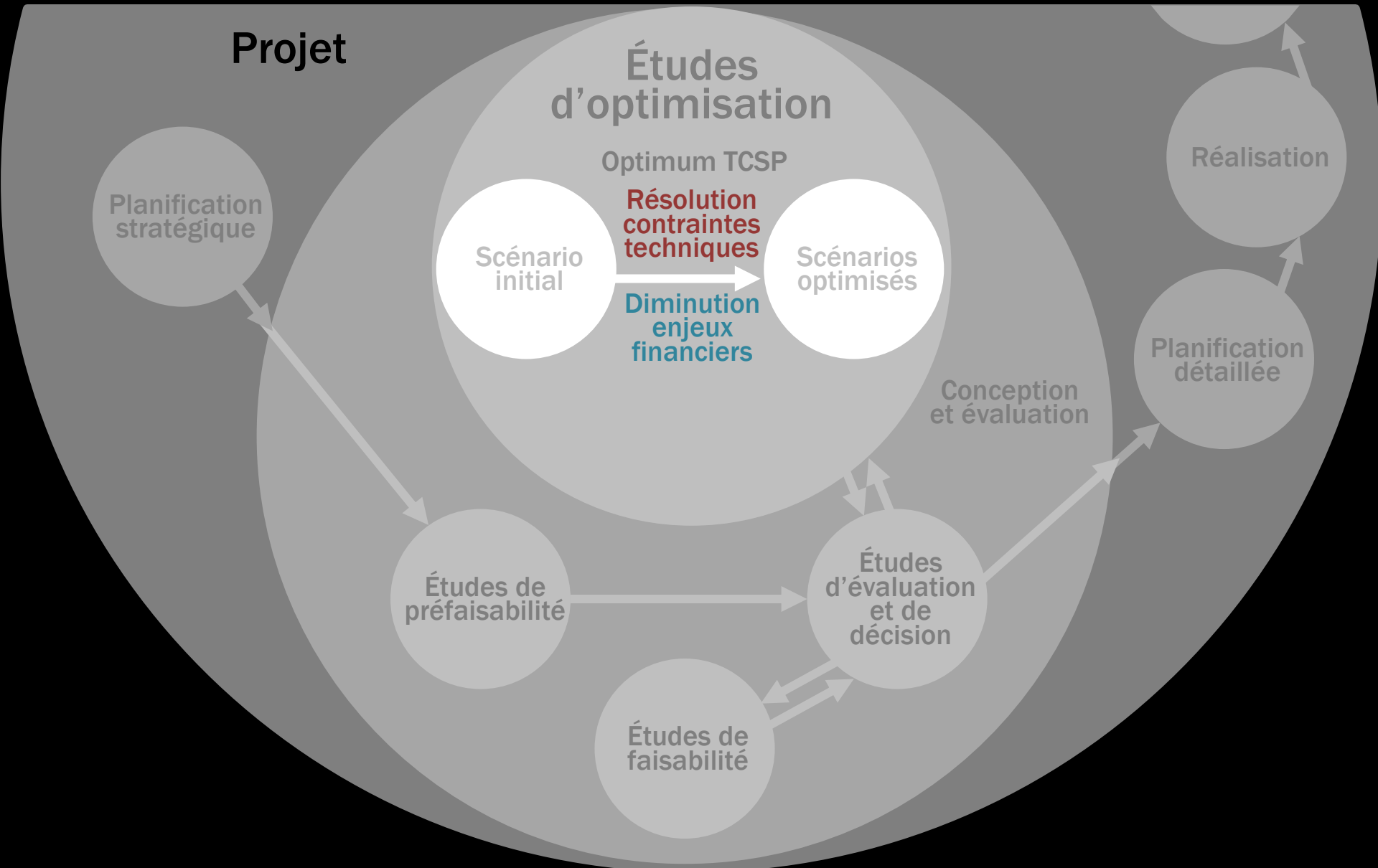
Méthode

Définition de l'optimisation



Méthode

Définition de l'optimisation



Méthode

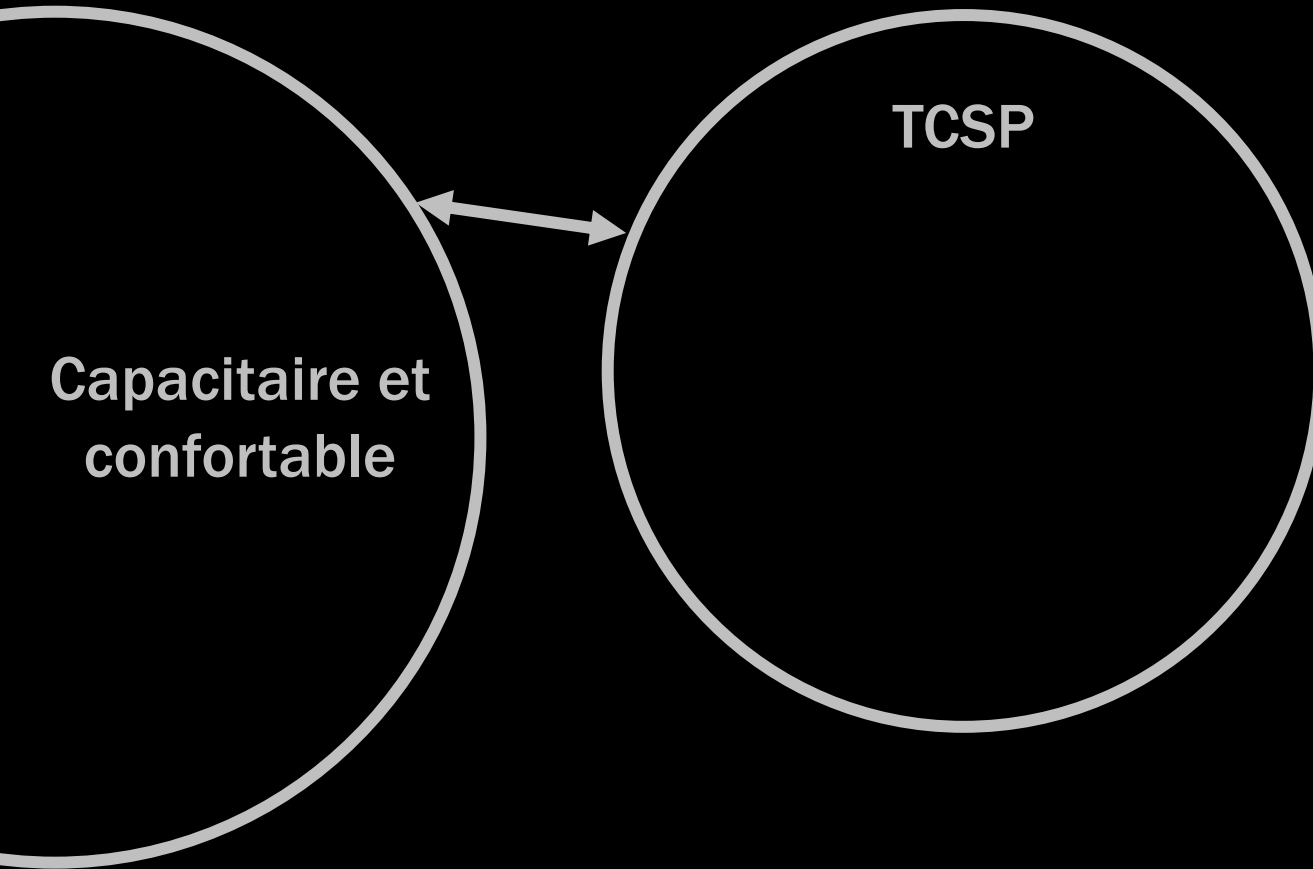
Besoins du projet



TCSP

Méthode

Besoins du projet

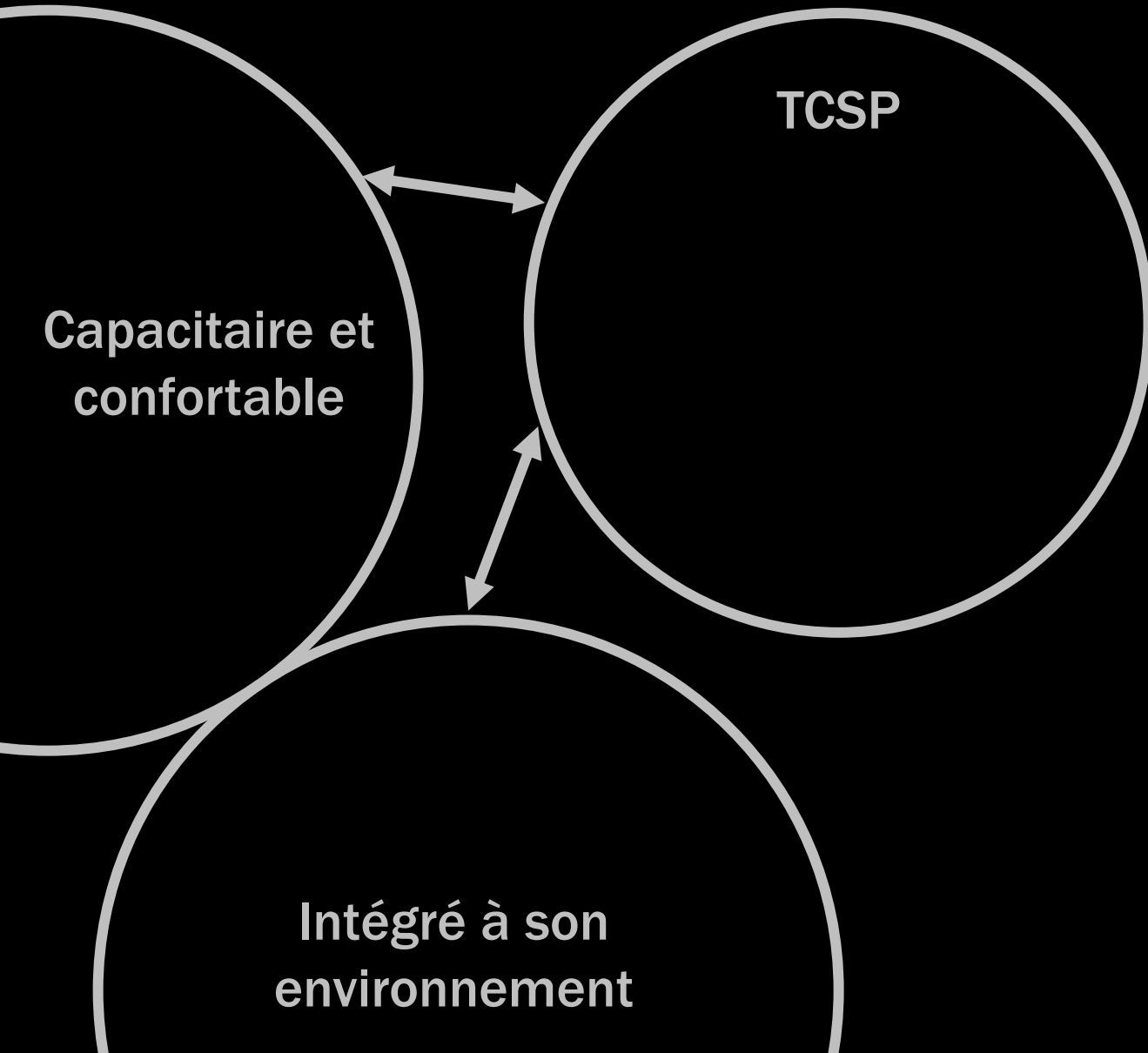


Capacitaire et
confortable

TCSP

Méthode

Besoins du projet



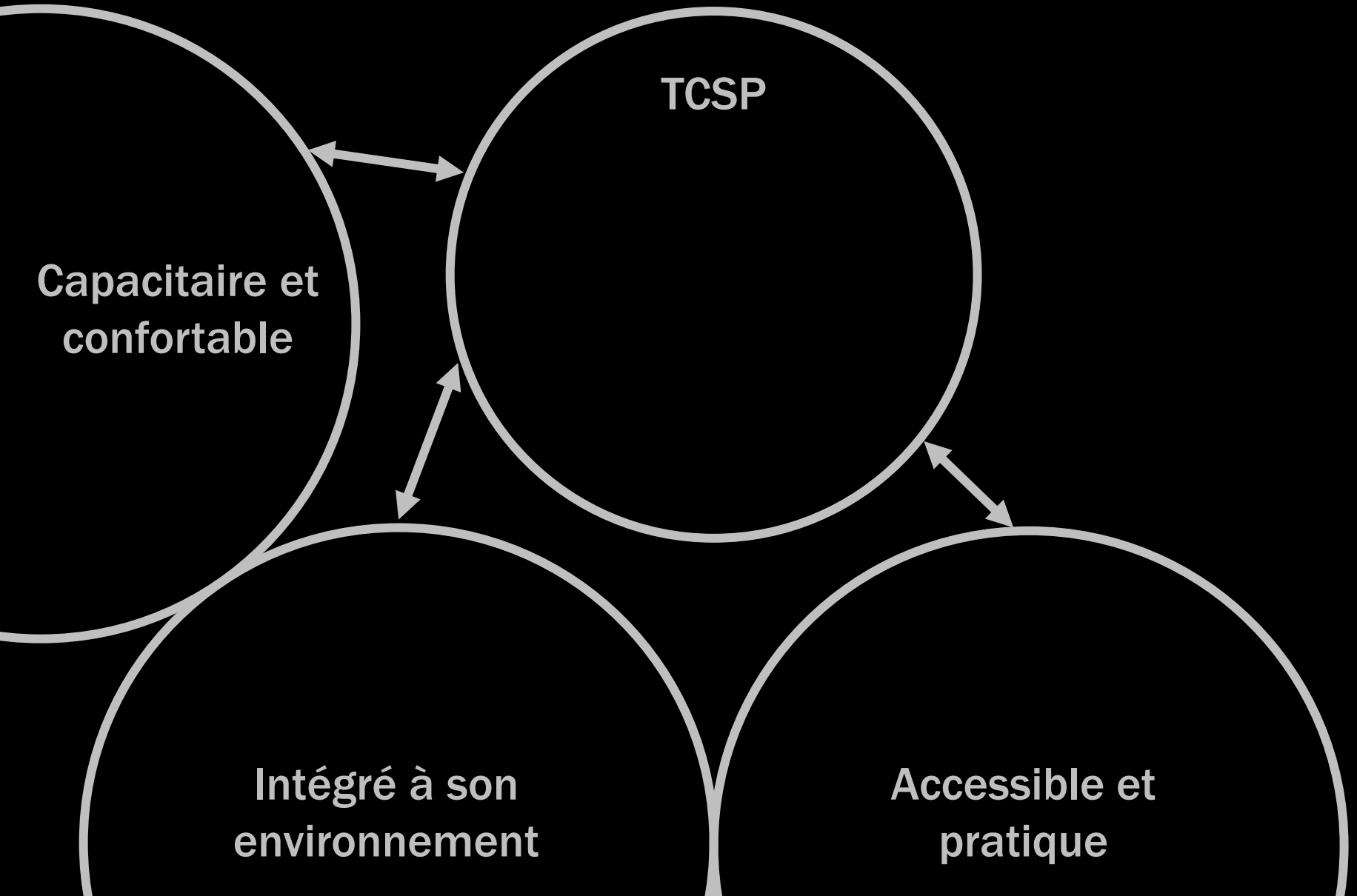
Capacitaire et
confortable

TCSP

Intégré à son
environnement

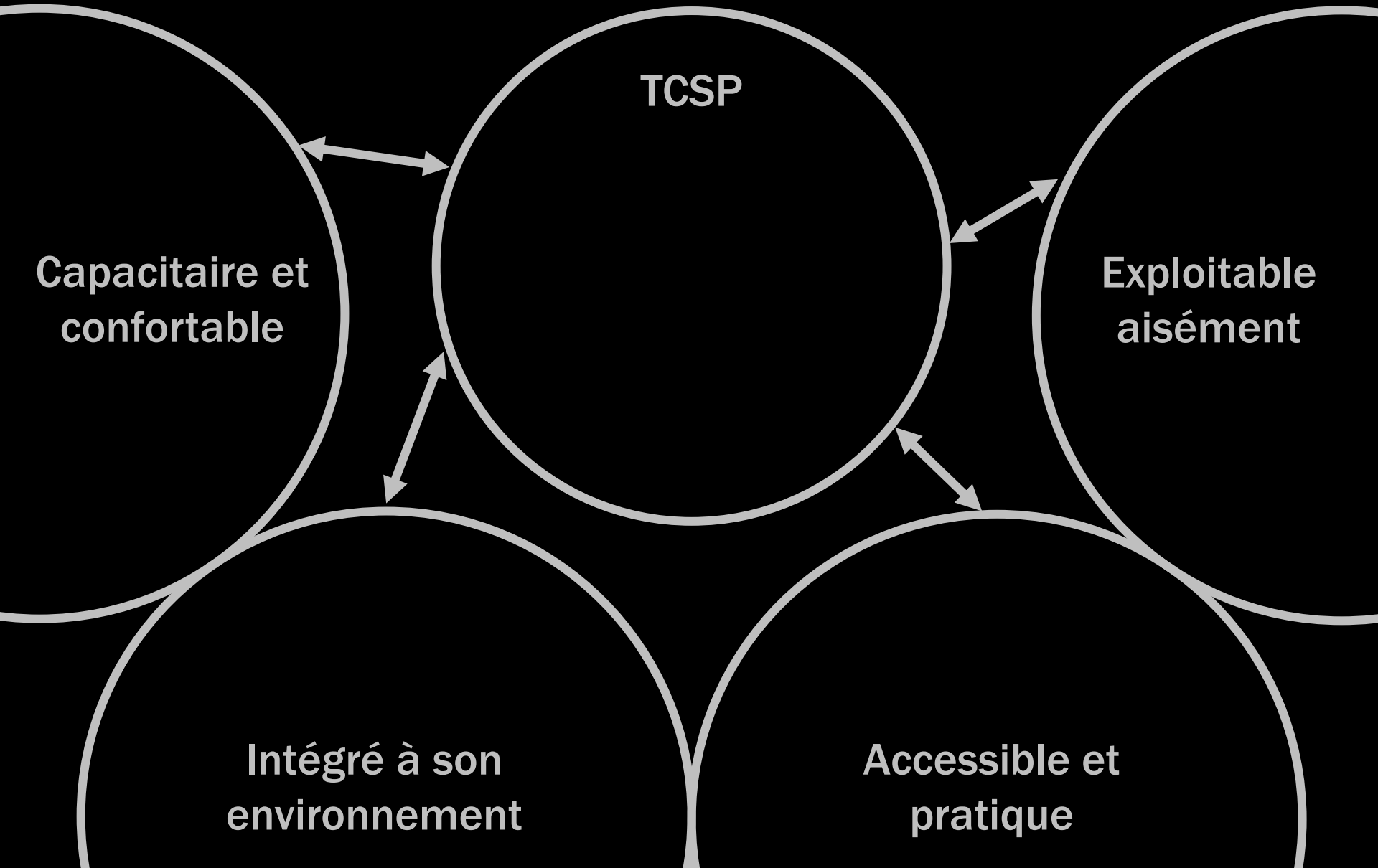
Méthode

Besoins du projet



Méthode

Besoins du projet



Capacitaire et
confortable

TCSP

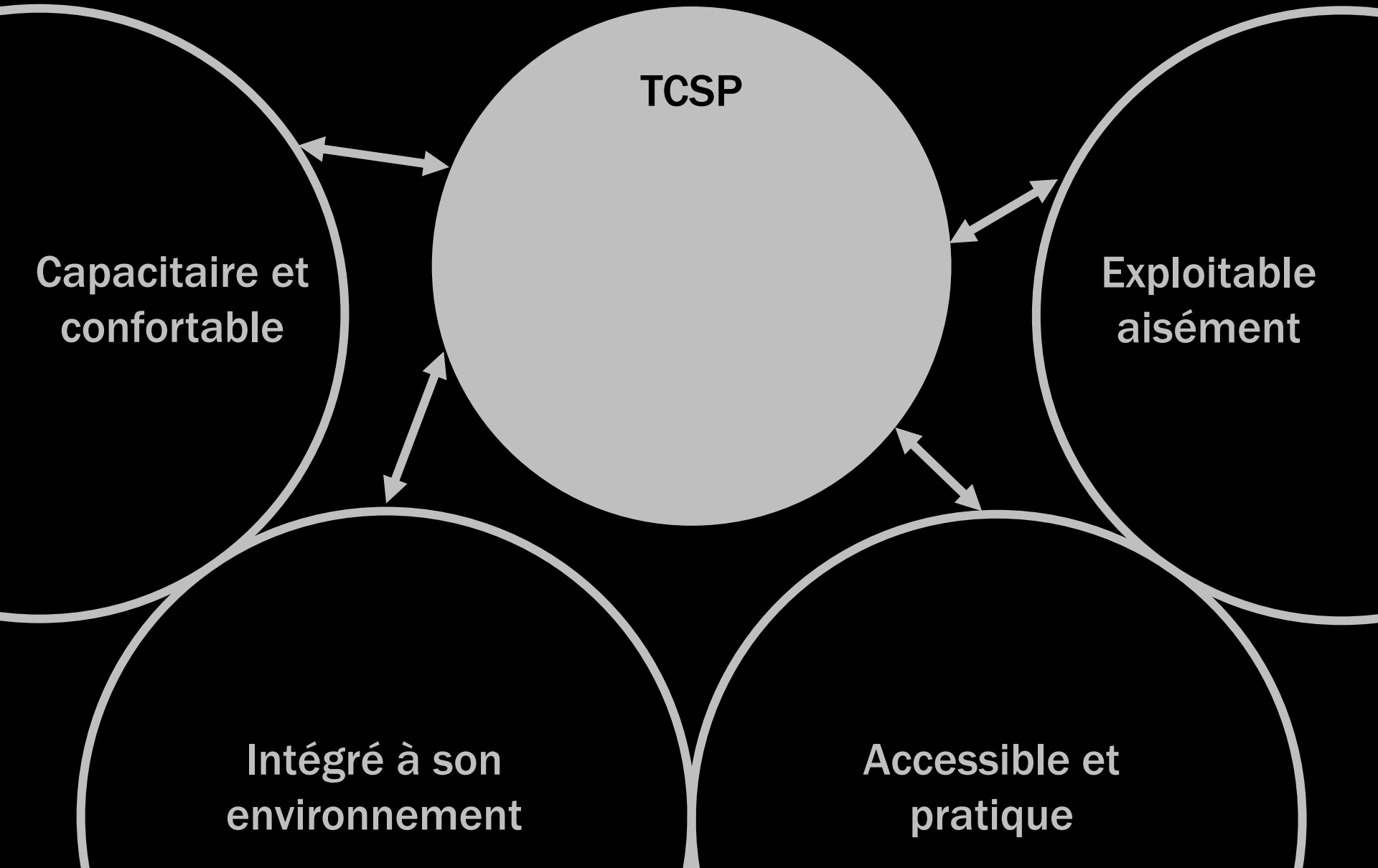
Exploitable
aisément

Intégré à son
environnement

Accessible et
pratique

Méthode

Concepts d'optimisation



Capacitaire et
confortable

TCSP

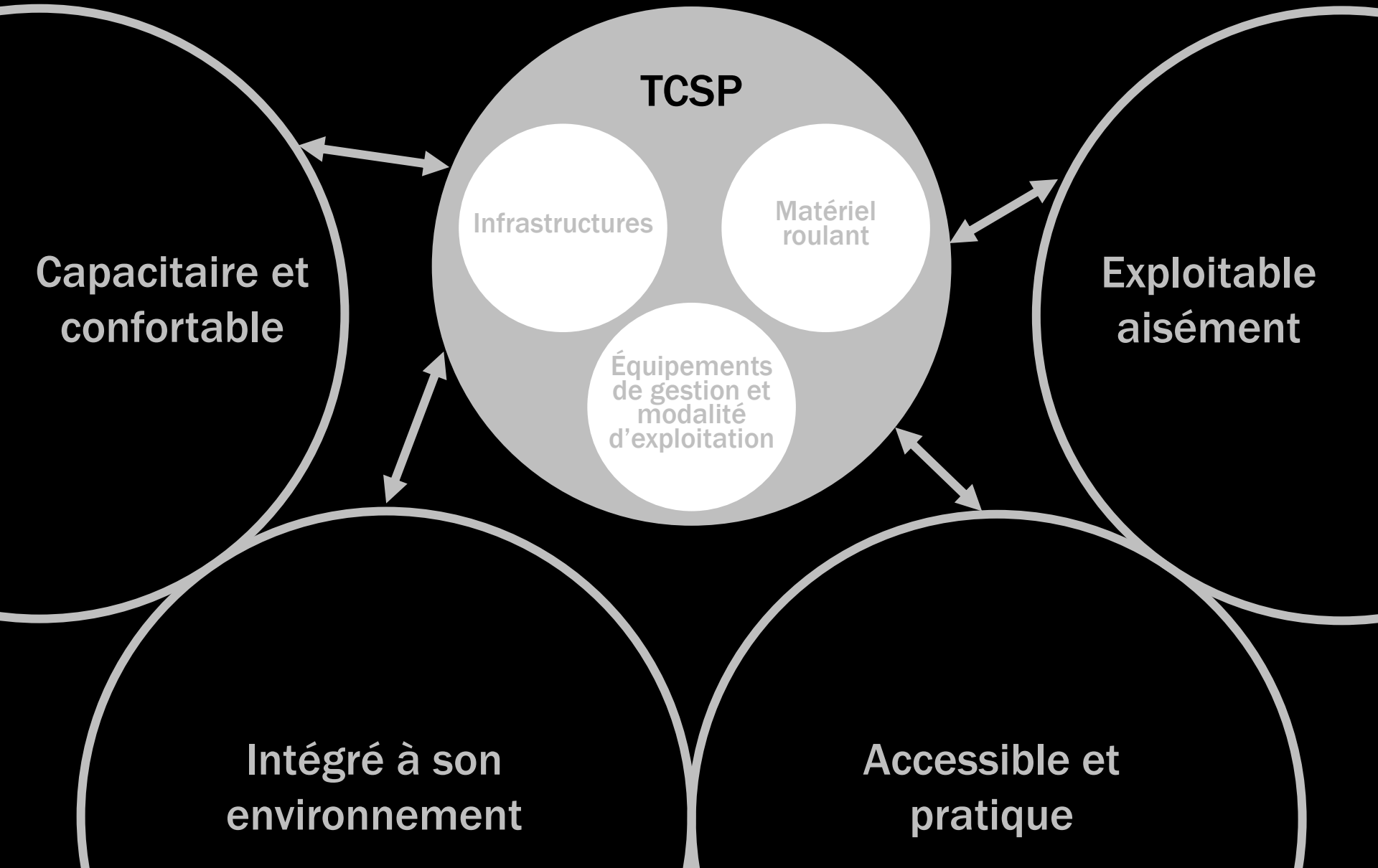
Exploitable
aisément

Intégré à son
environnement

Accessible et
pratique

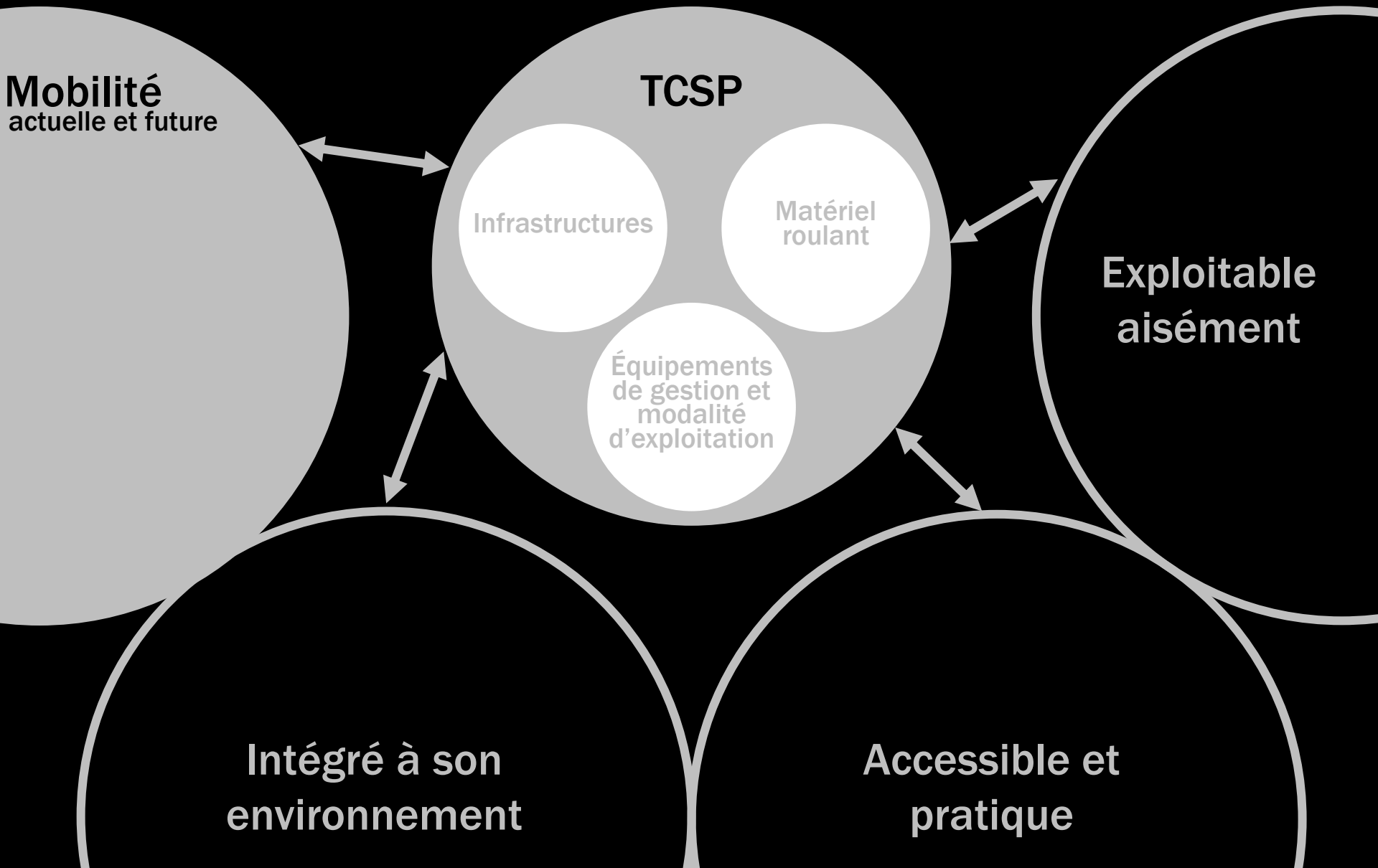
Méthode

Concepts d'optimisation



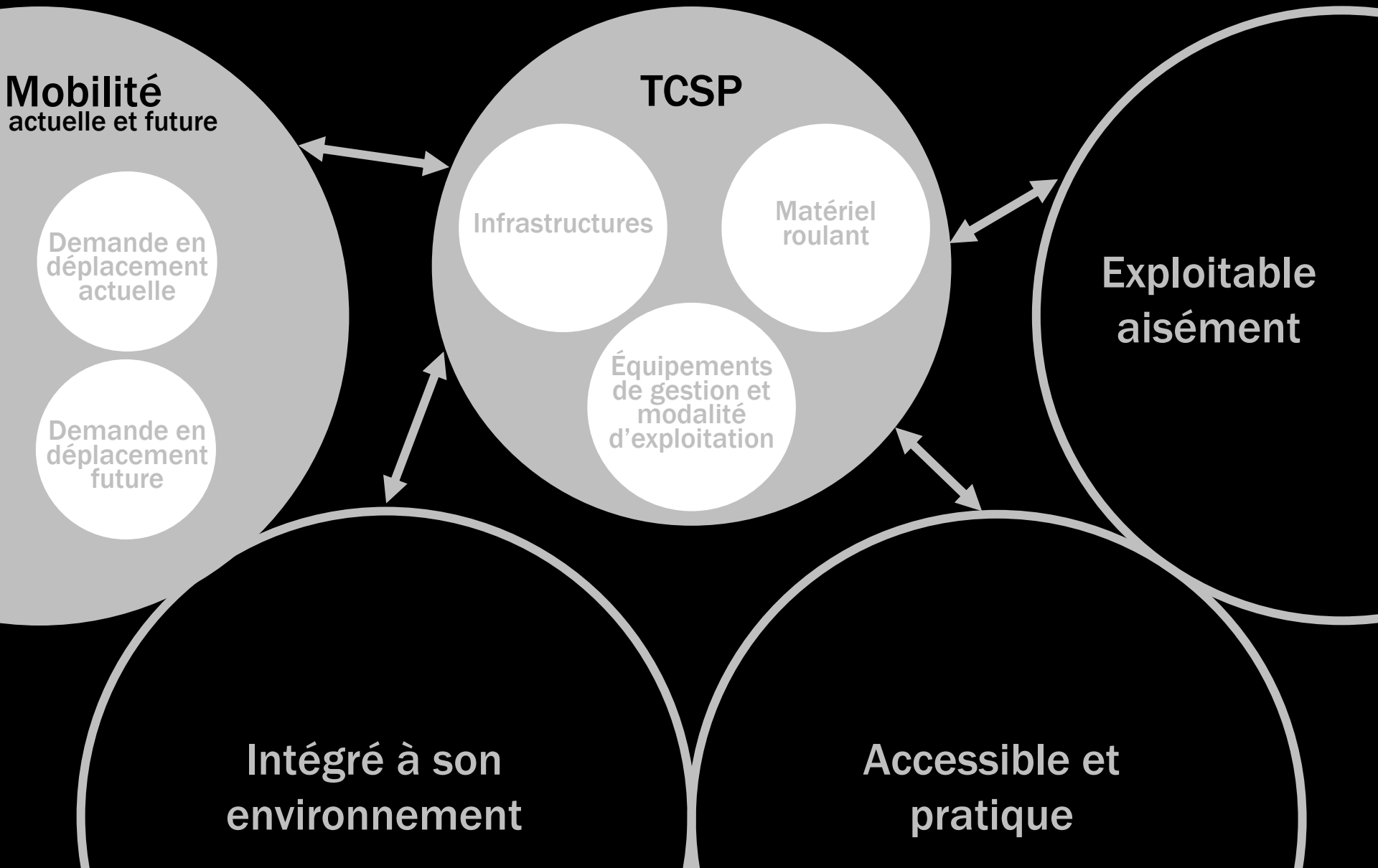
Méthode

Concepts d'optimisation



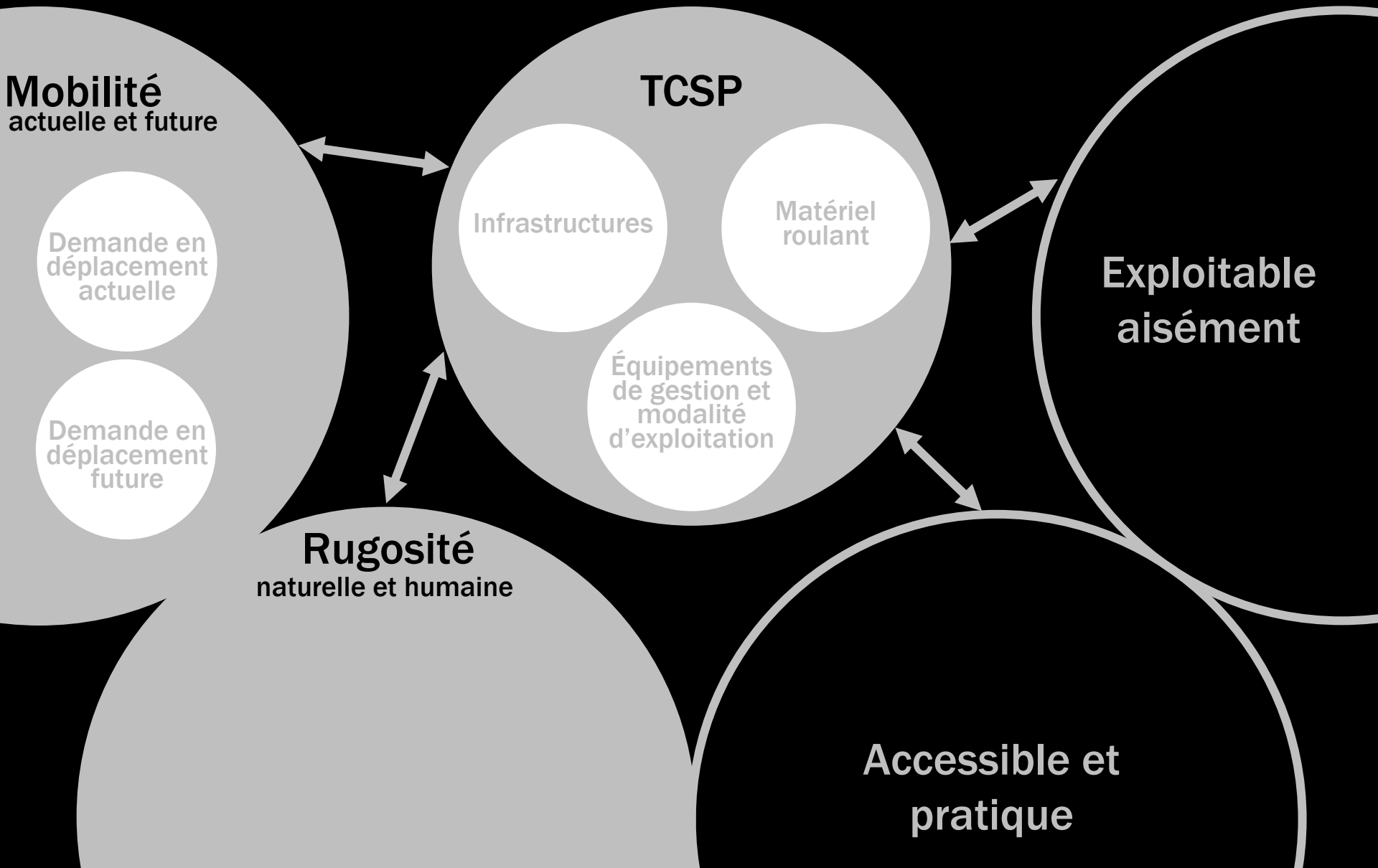
Méthode

Concepts d'optimisation



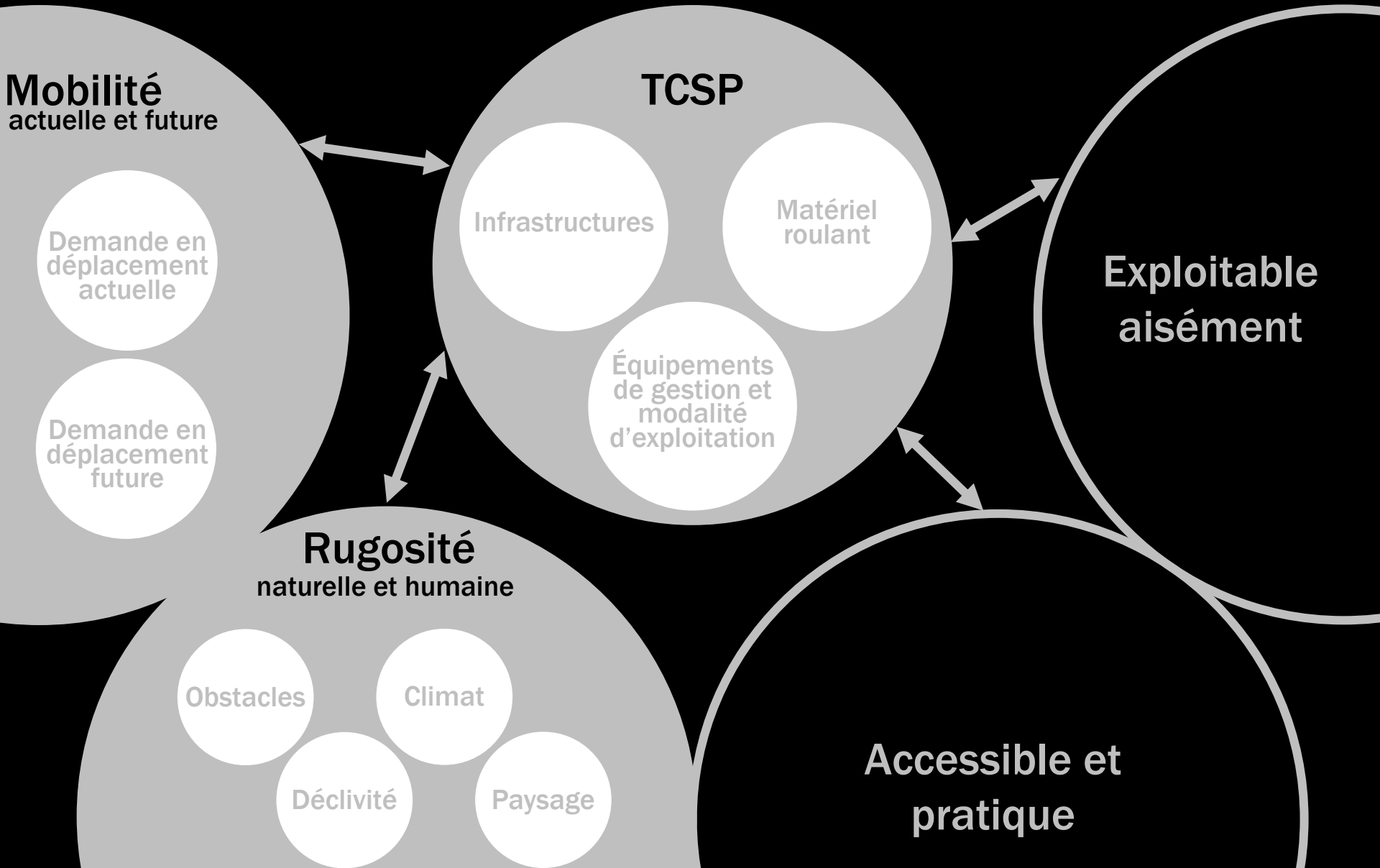
Méthode

Concepts d'optimisation



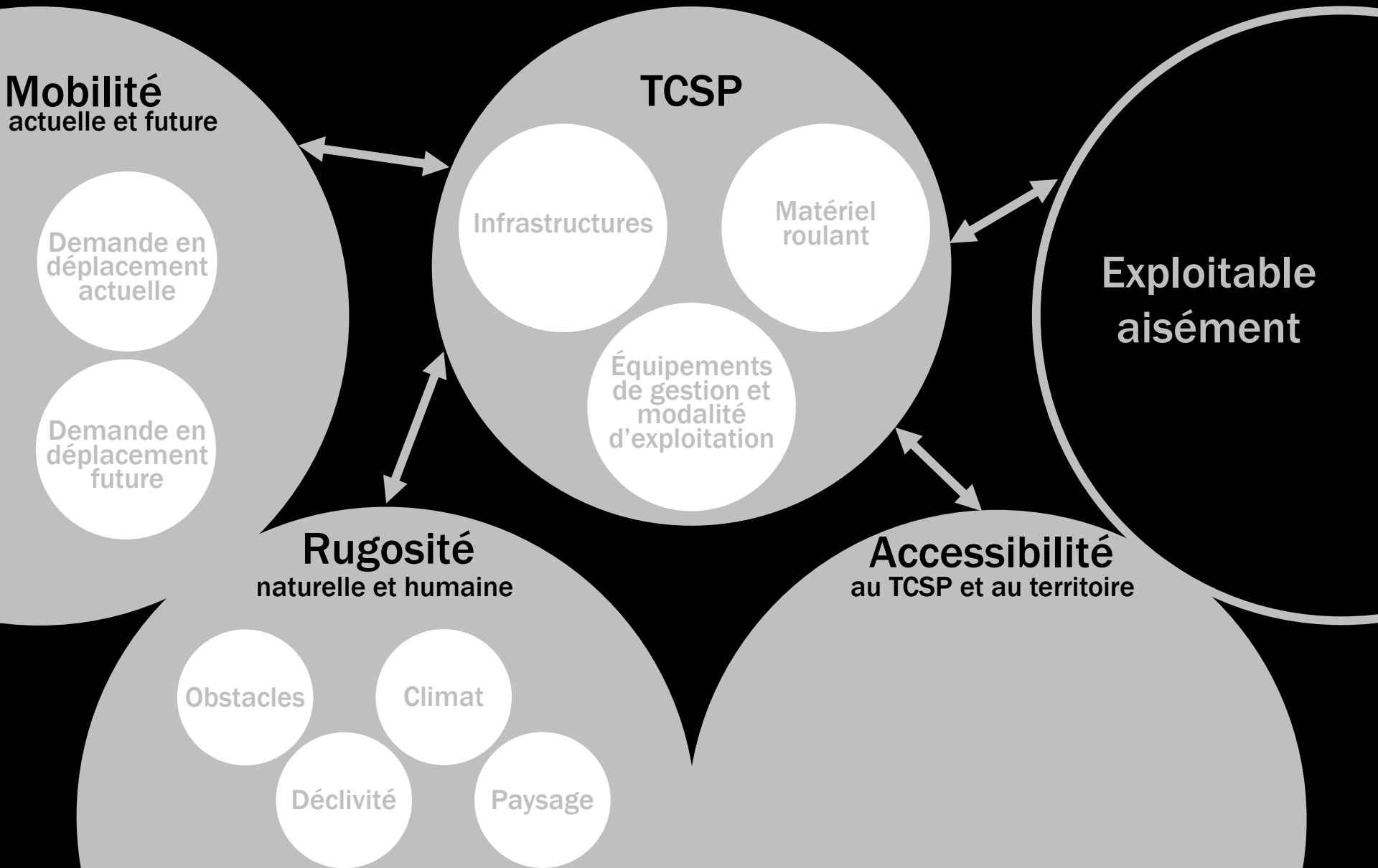
Méthode

Concepts d'optimisation



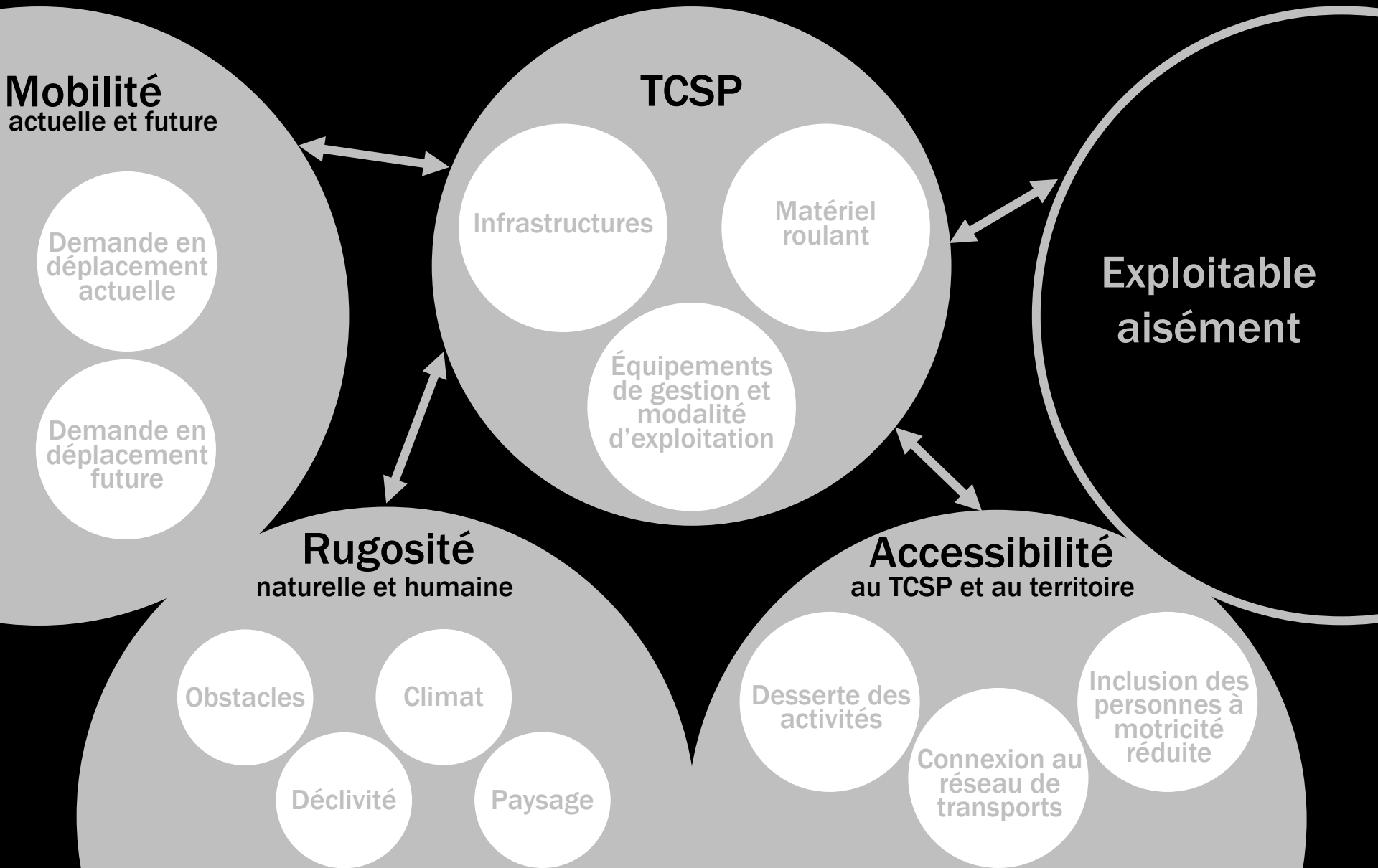
Méthode

Concepts d'optimisation



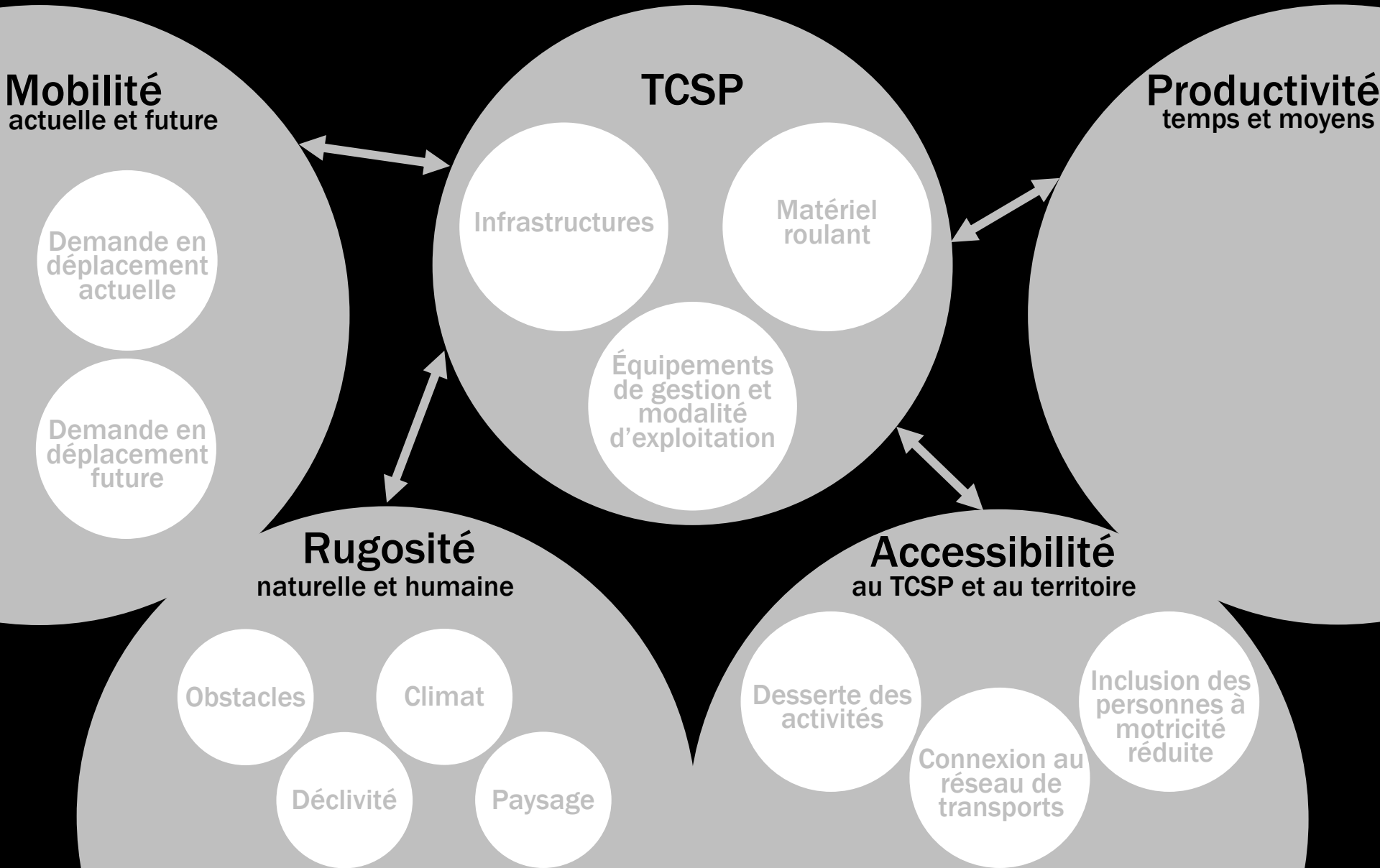
Méthode

Concepts d'optimisation



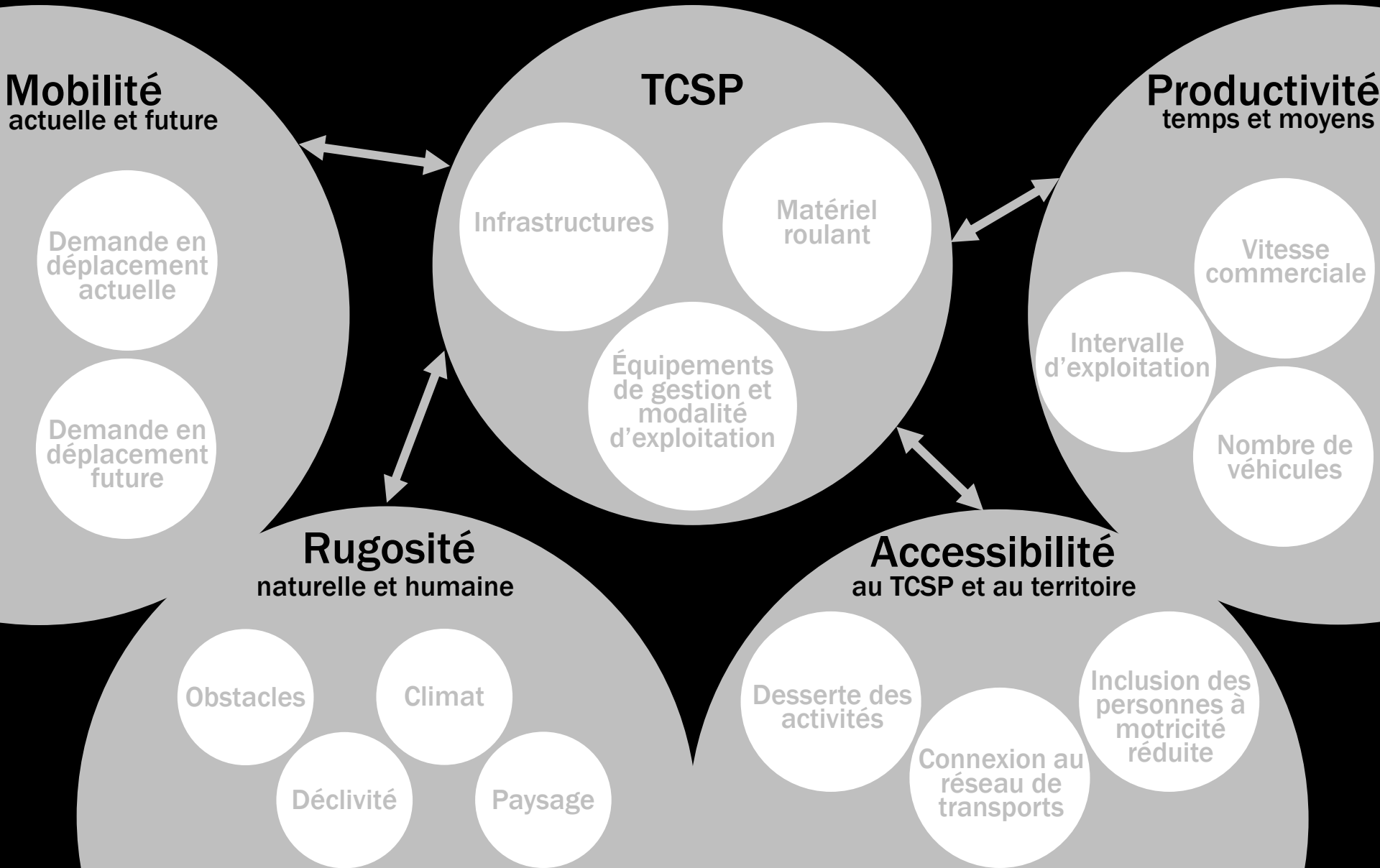
Méthode

Concepts d'optimisation



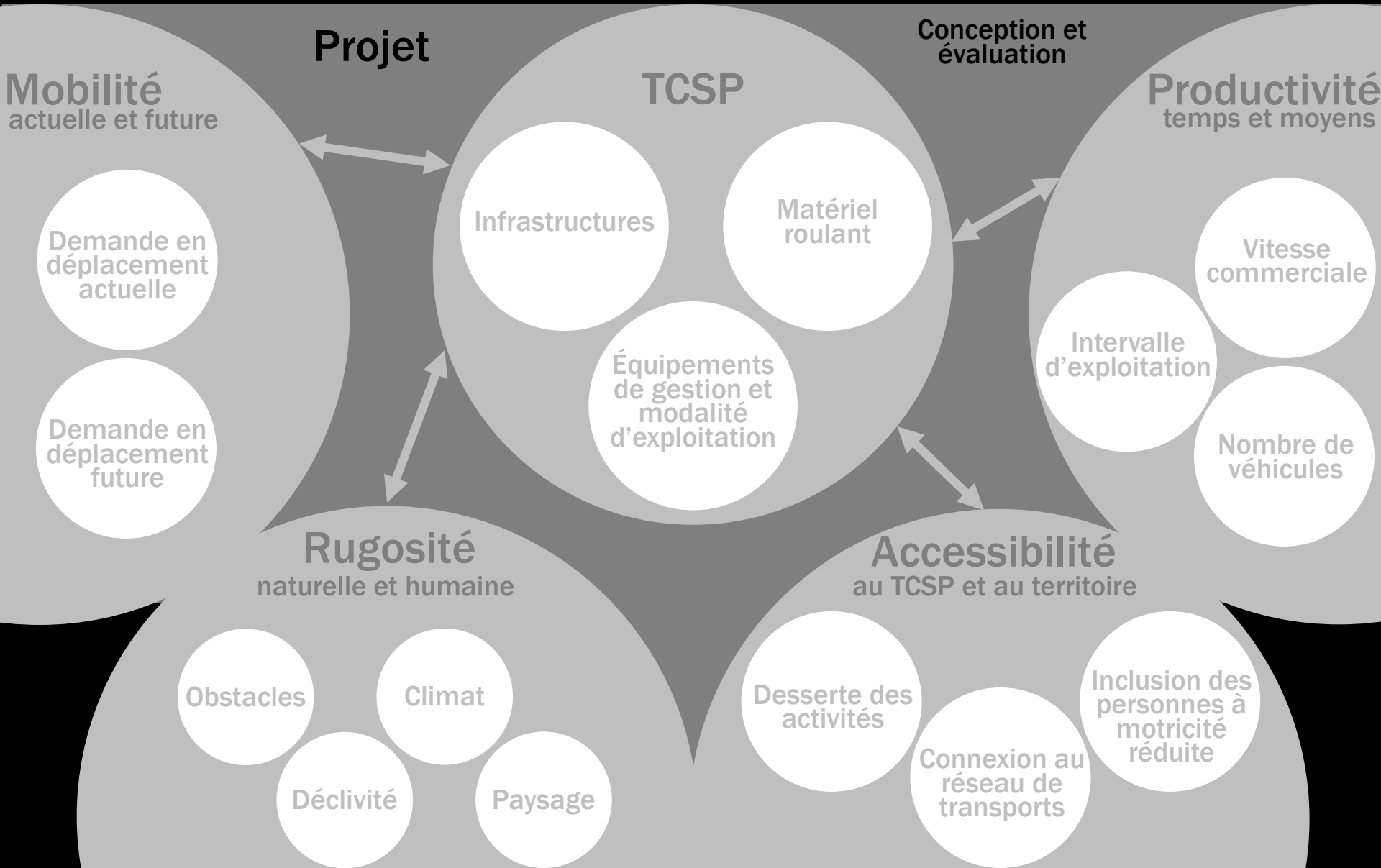
Méthode

Concepts d'optimisation



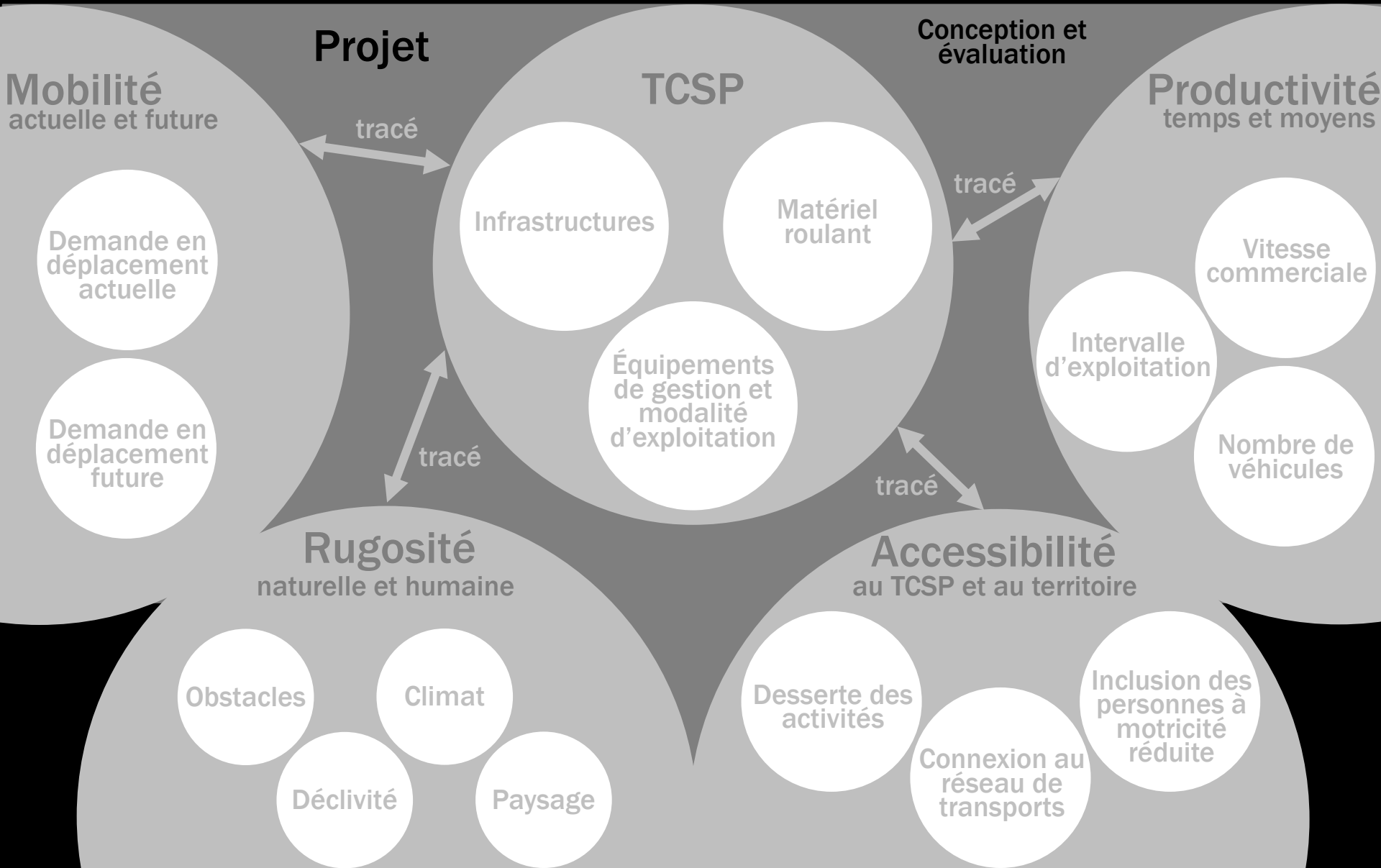
Méthode

Concepts d'optimisation



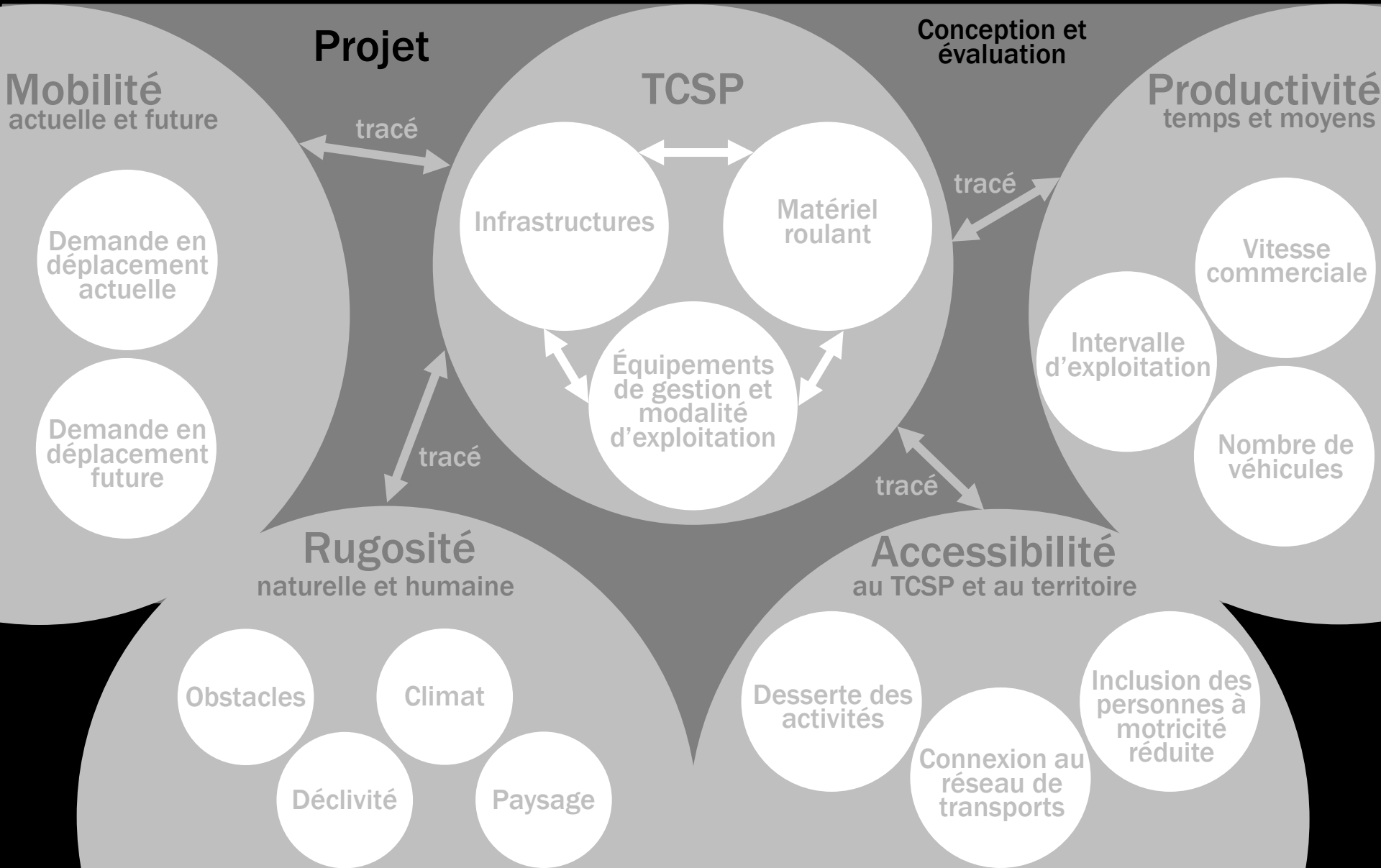
Méthode

Concepts d'optimisation



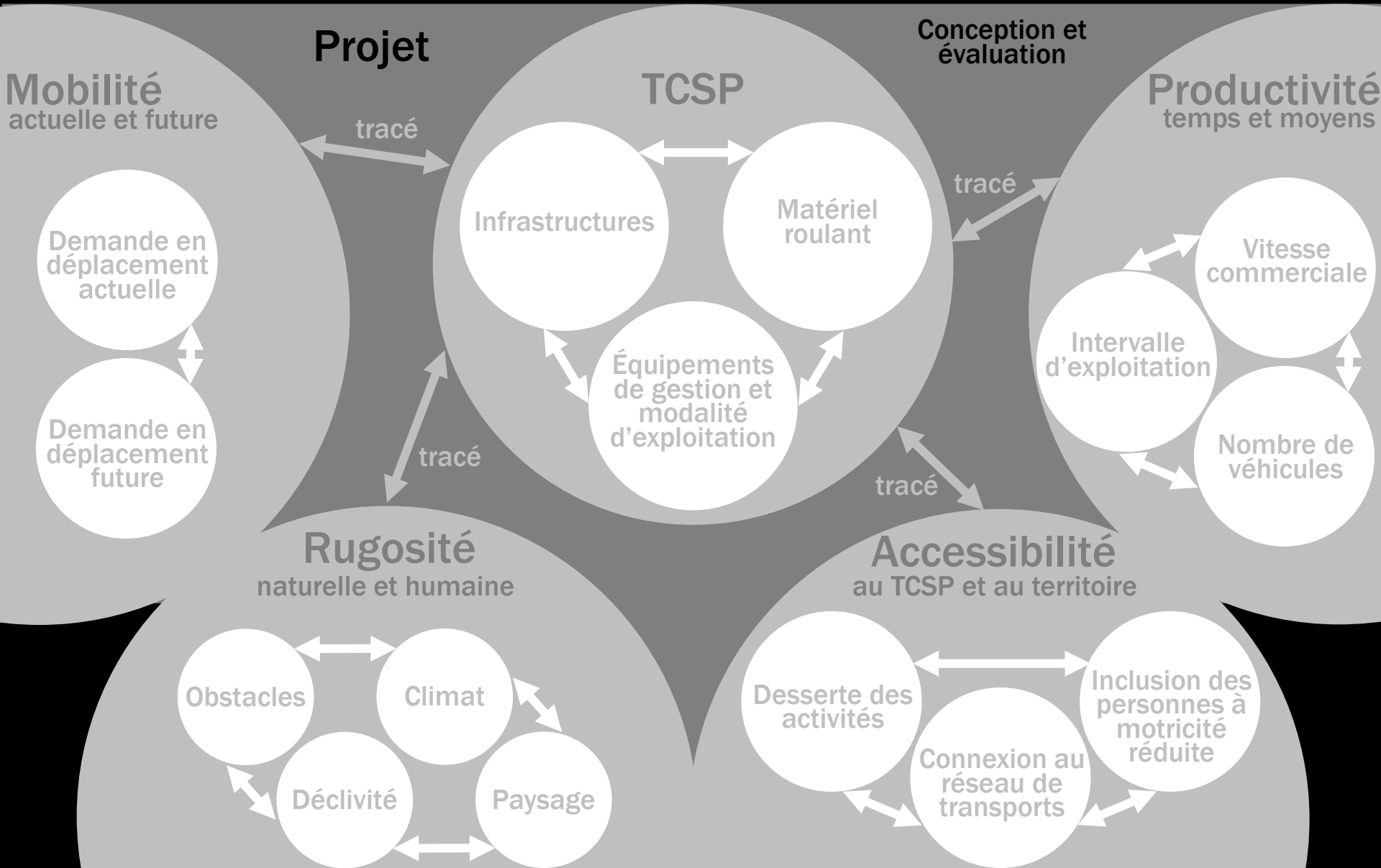
Méthode

Concepts d'optimisation



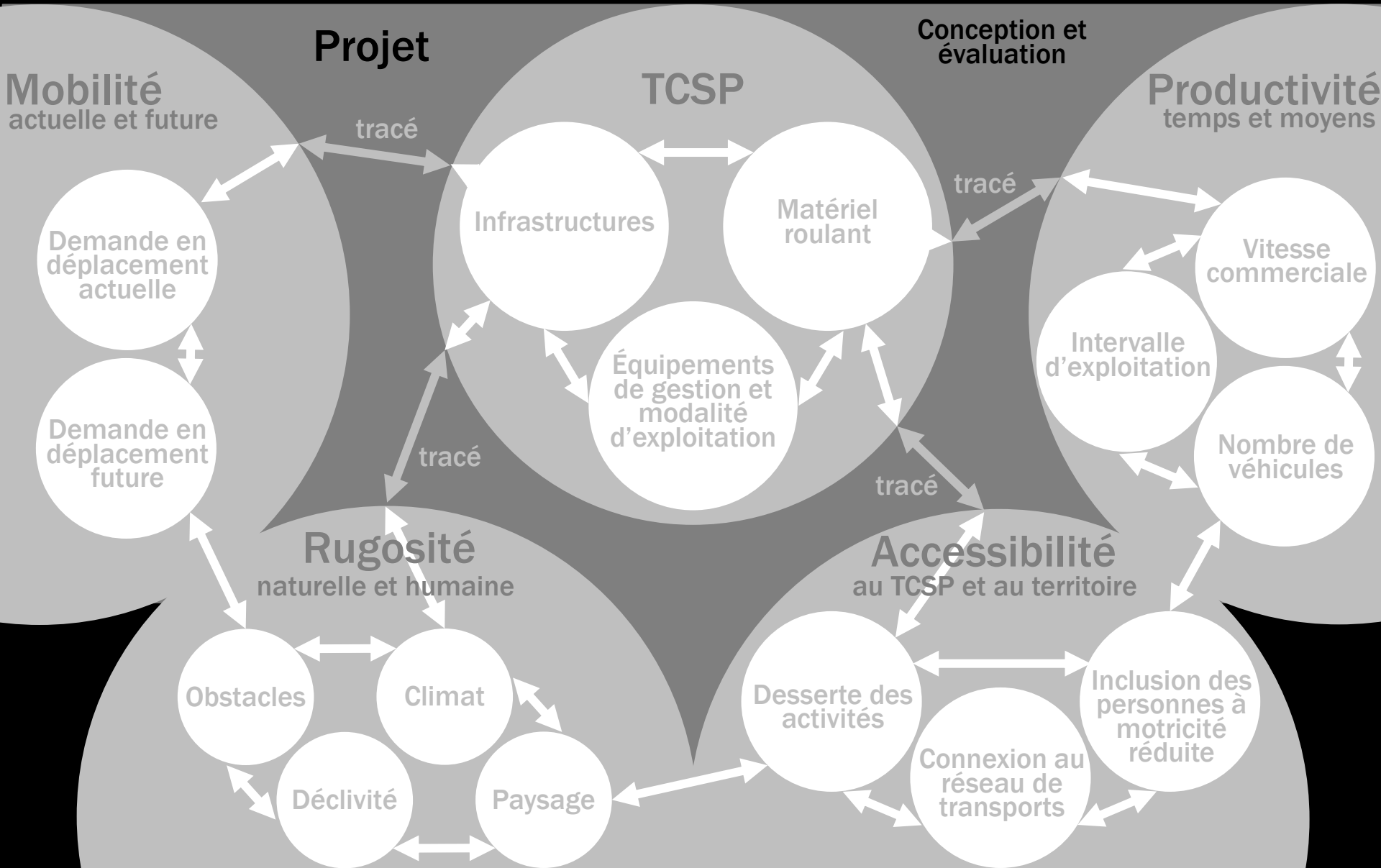
Méthode

Concepts d'optimisation



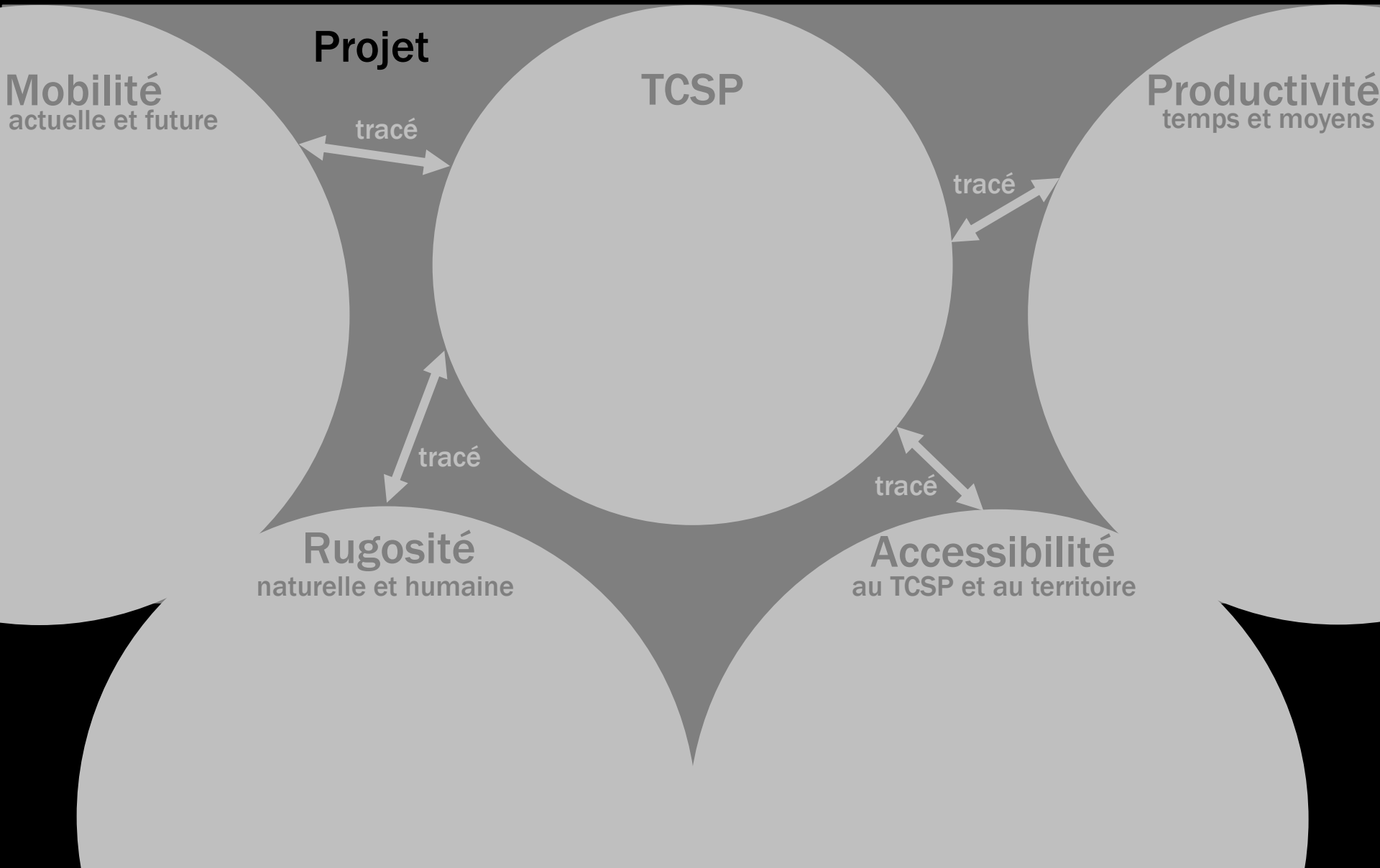
Méthode

Concepts d'optimisation



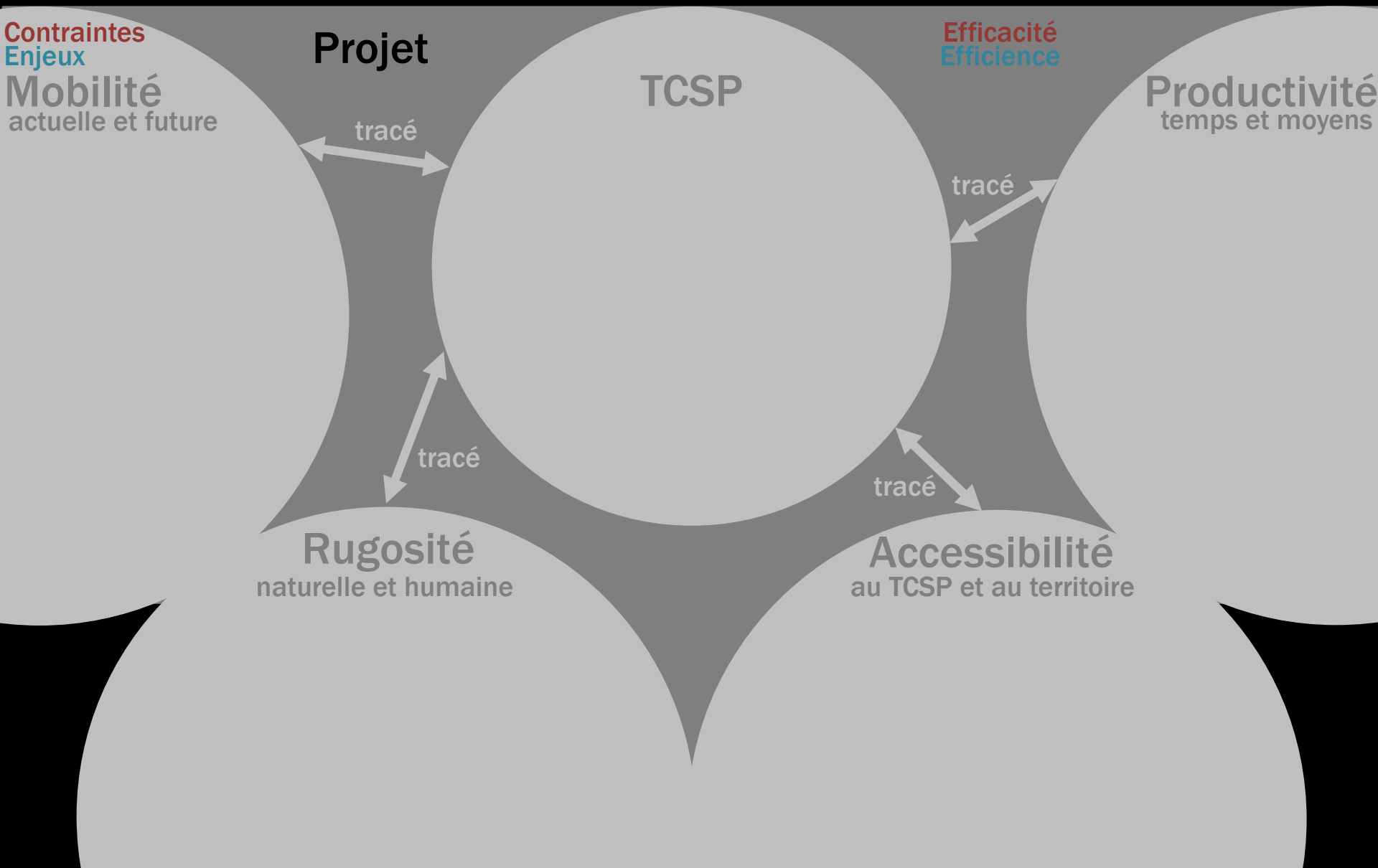
Méthode

Méthodologie d'optimisation



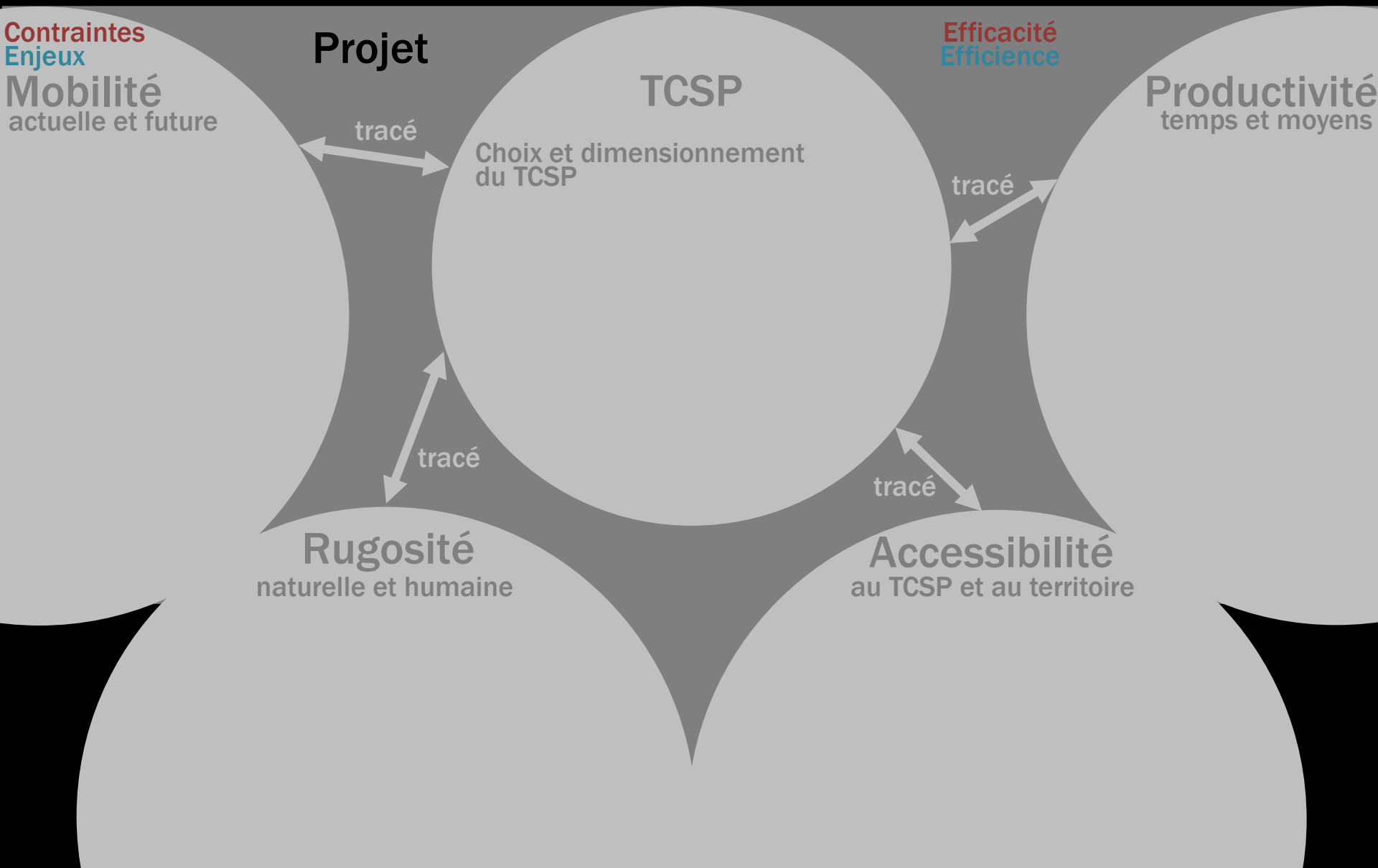
Méthode

Méthodologie d'optimisation



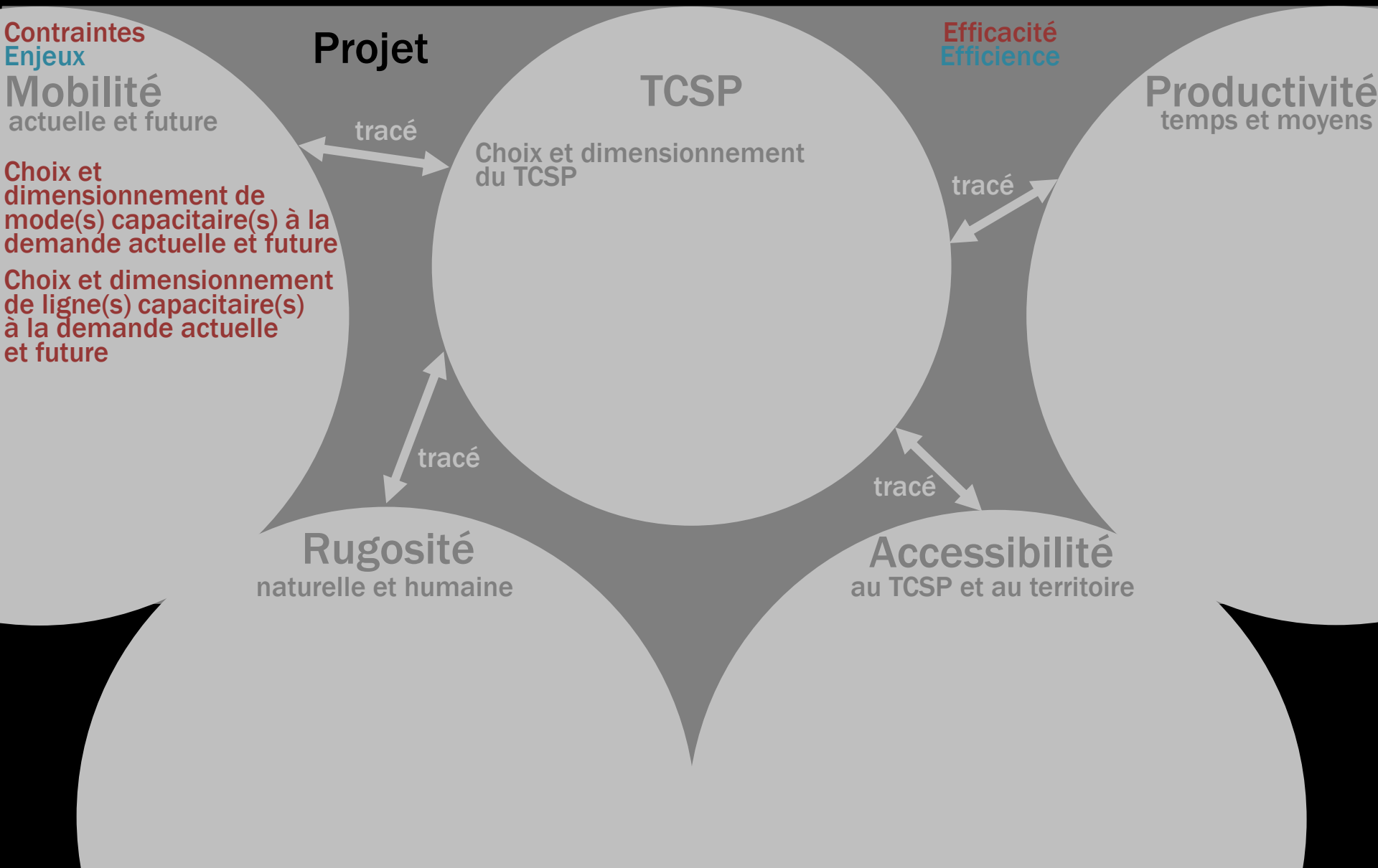
Méthode

Méthodologie d'optimisation



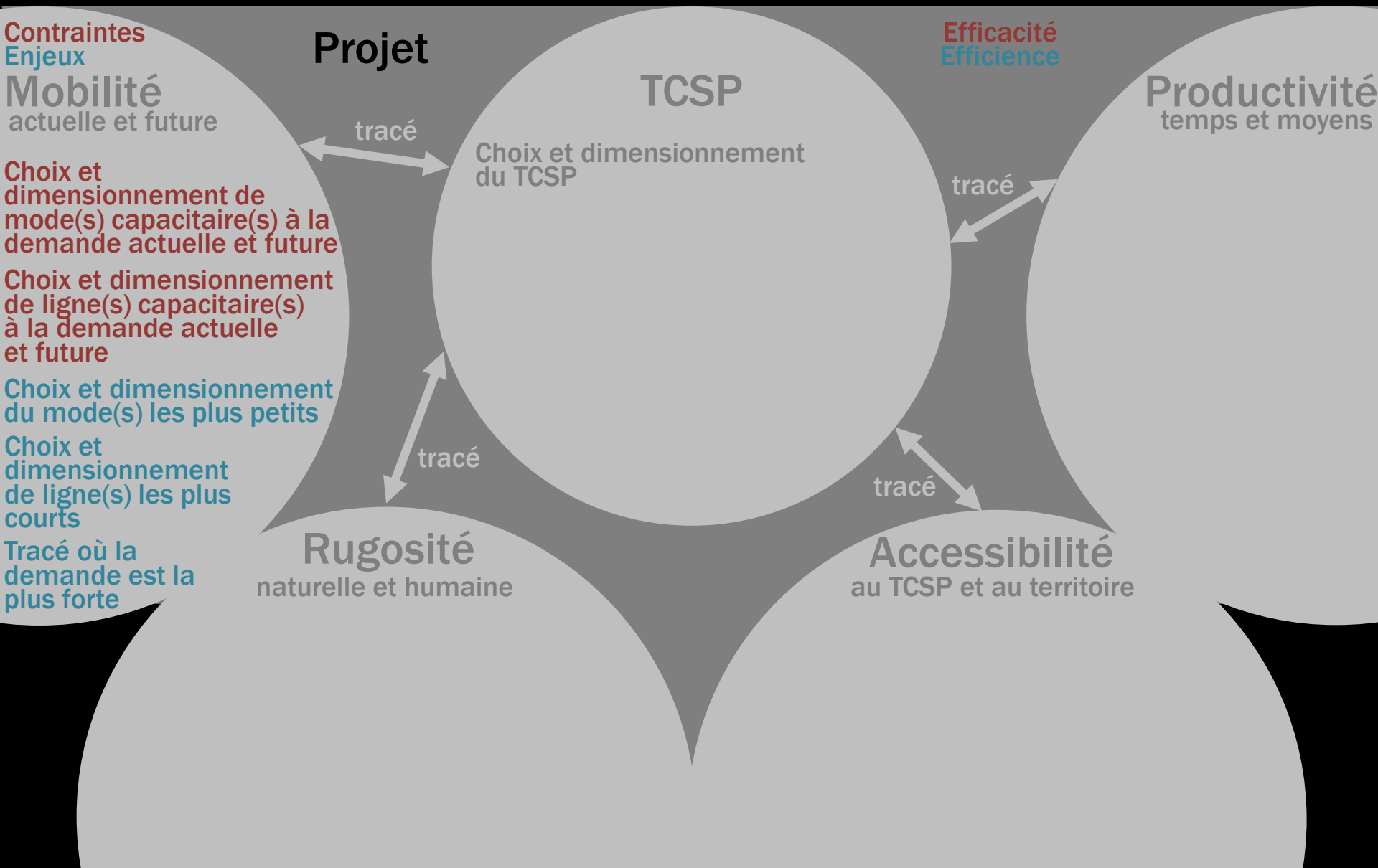
Méthode

Méthodologie d'optimisation



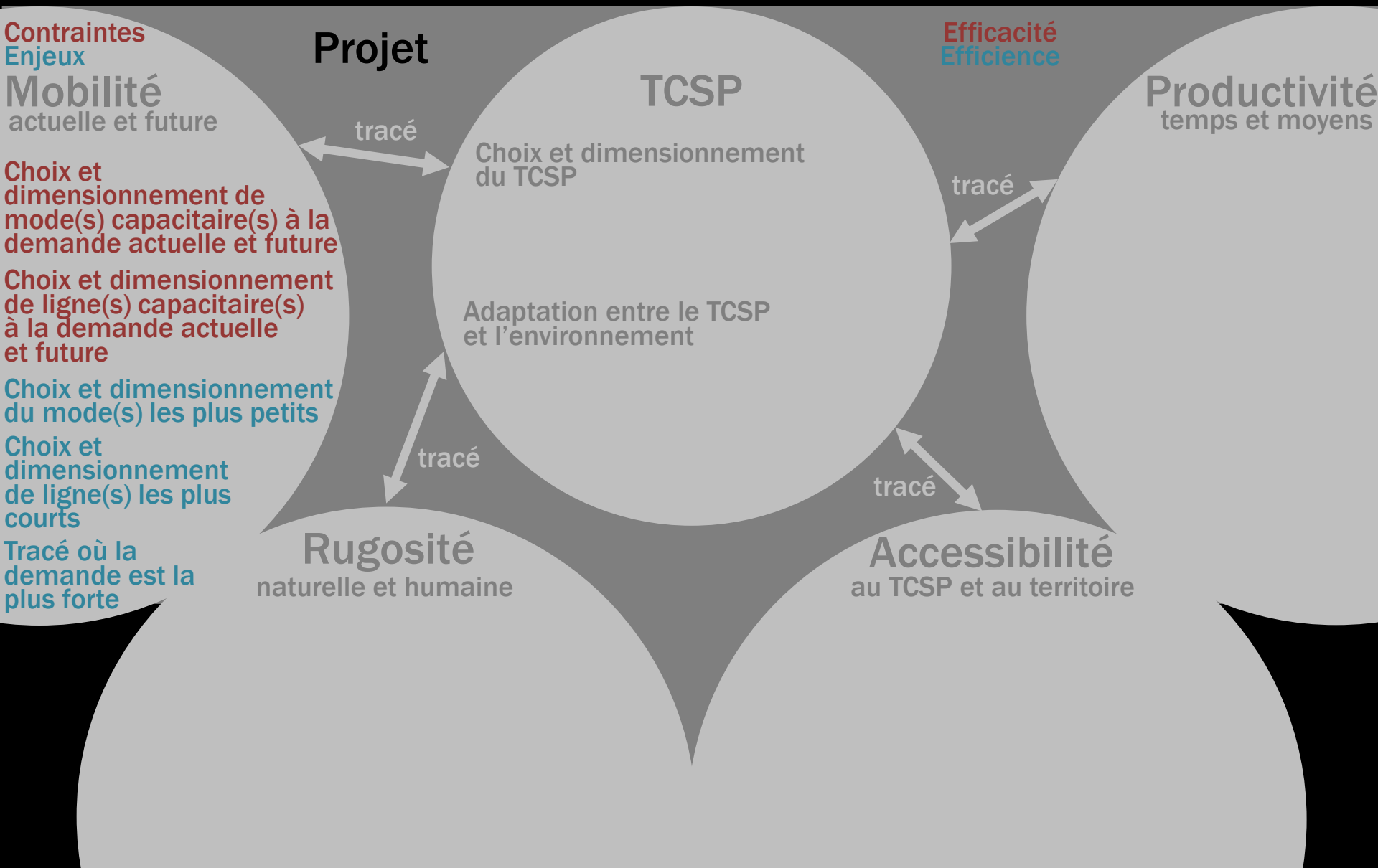
Méthode

Méthodologie d'optimisation



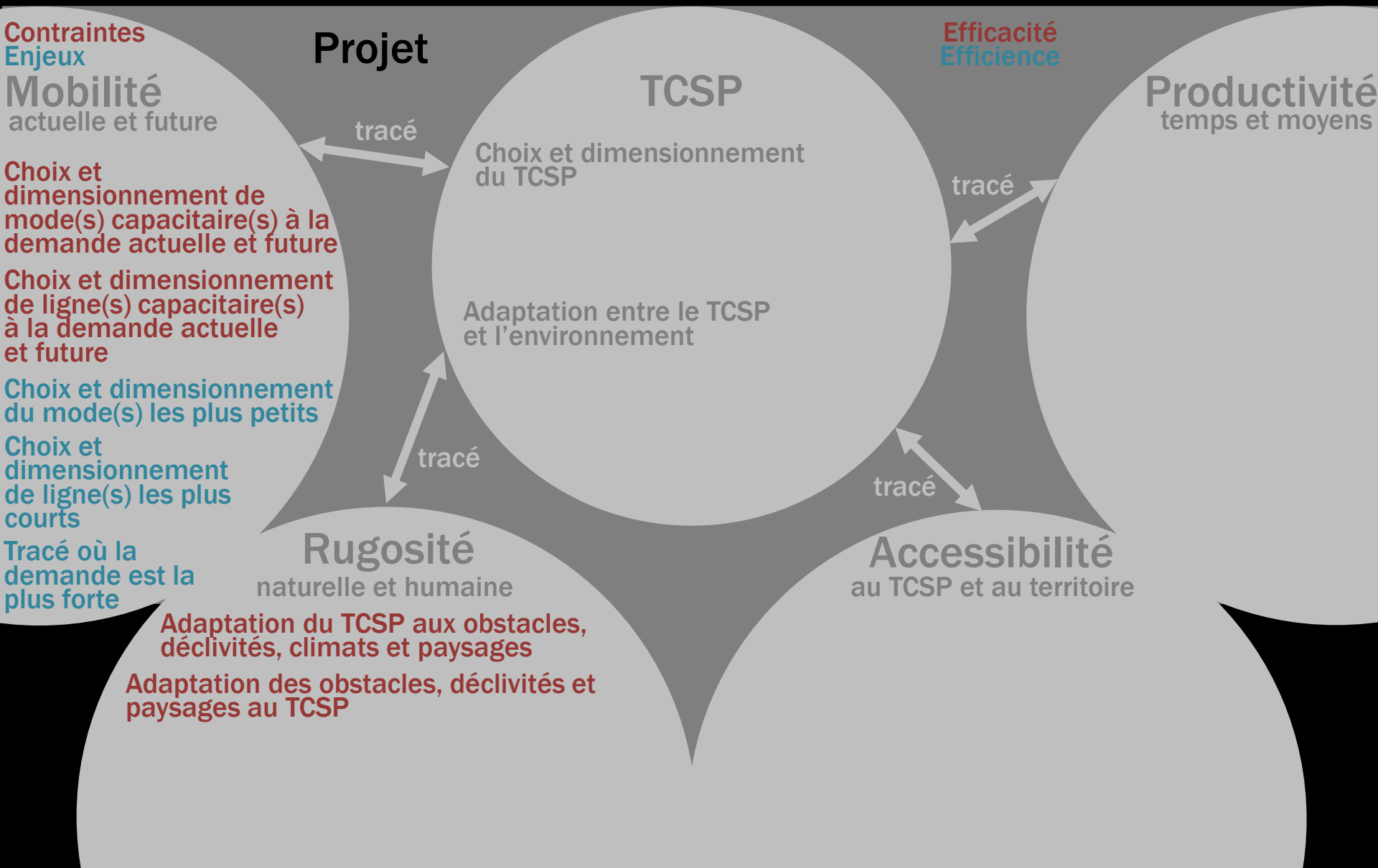
Méthode

Méthodologie d'optimisation



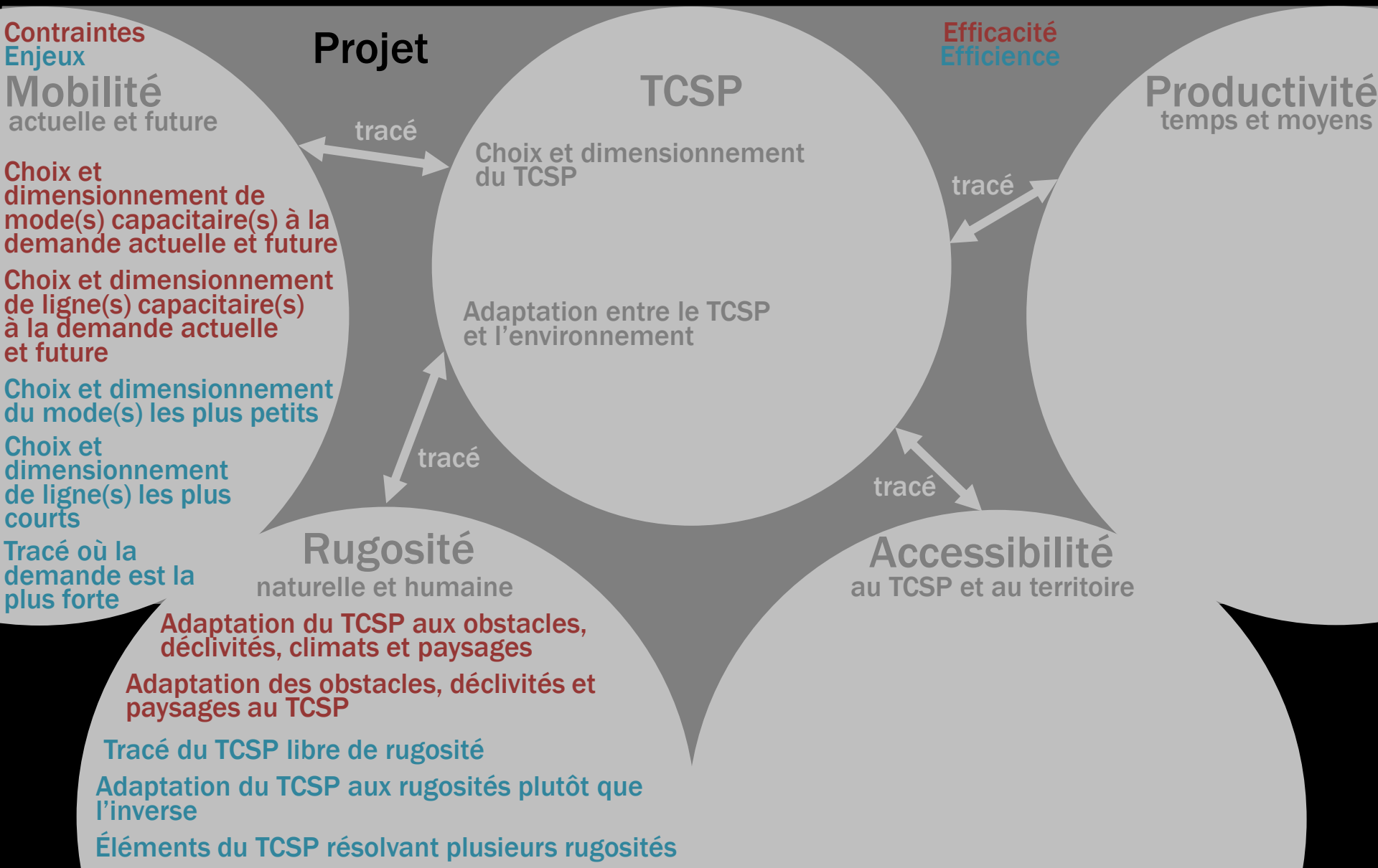
Méthode

Méthodologie d'optimisation



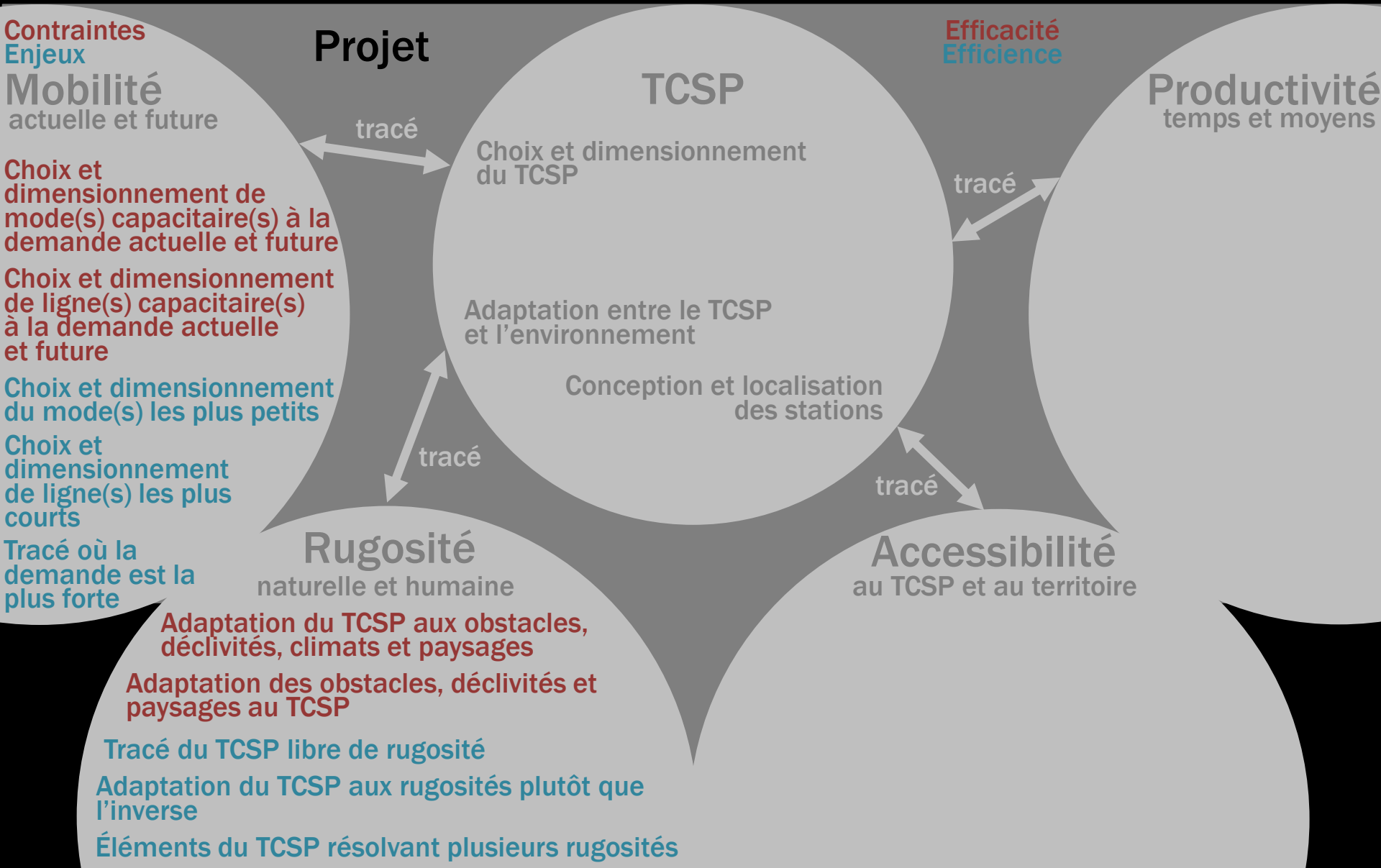
Méthode

Méthodologie d'optimisation



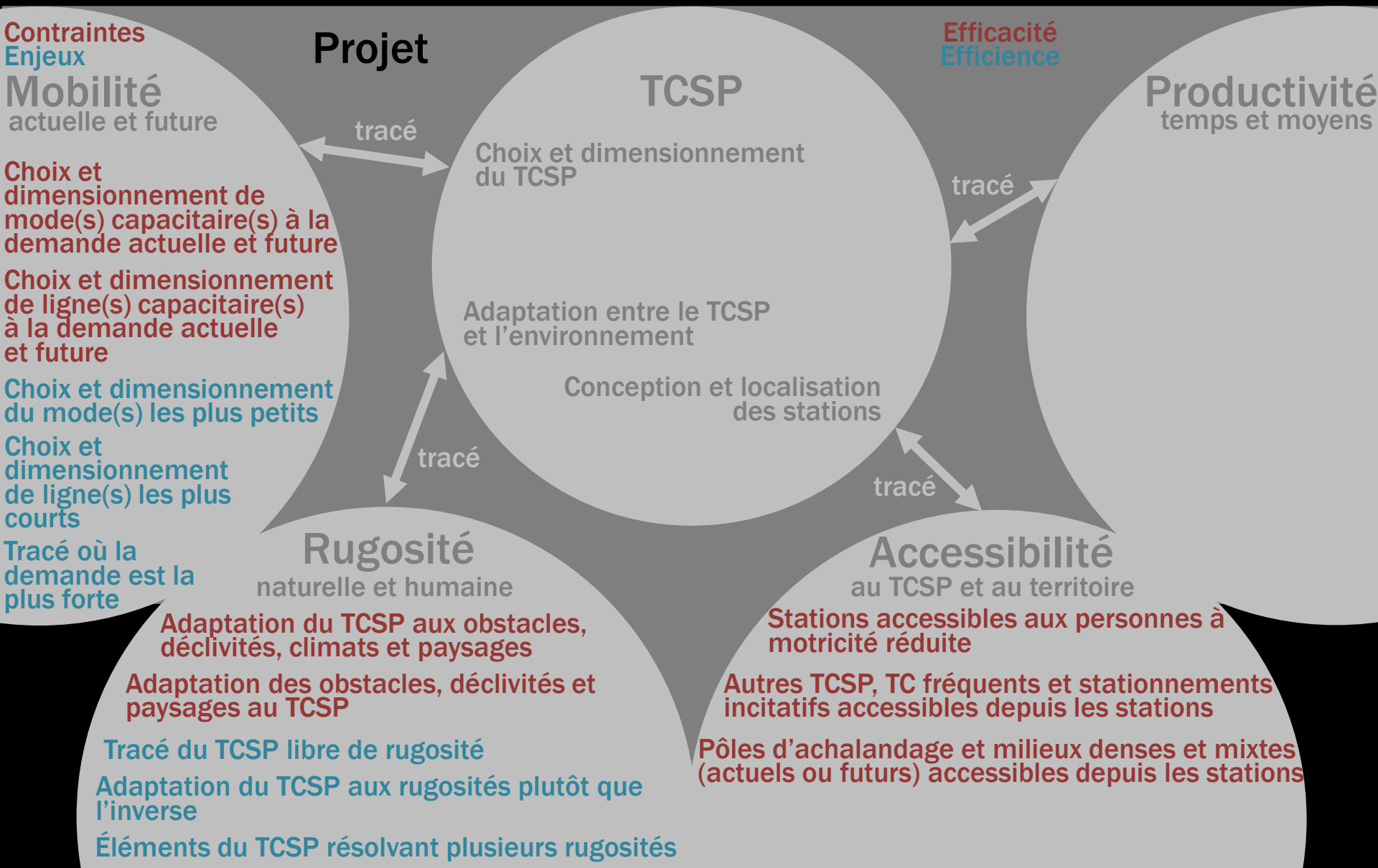
Méthode

Méthodologie d'optimisation



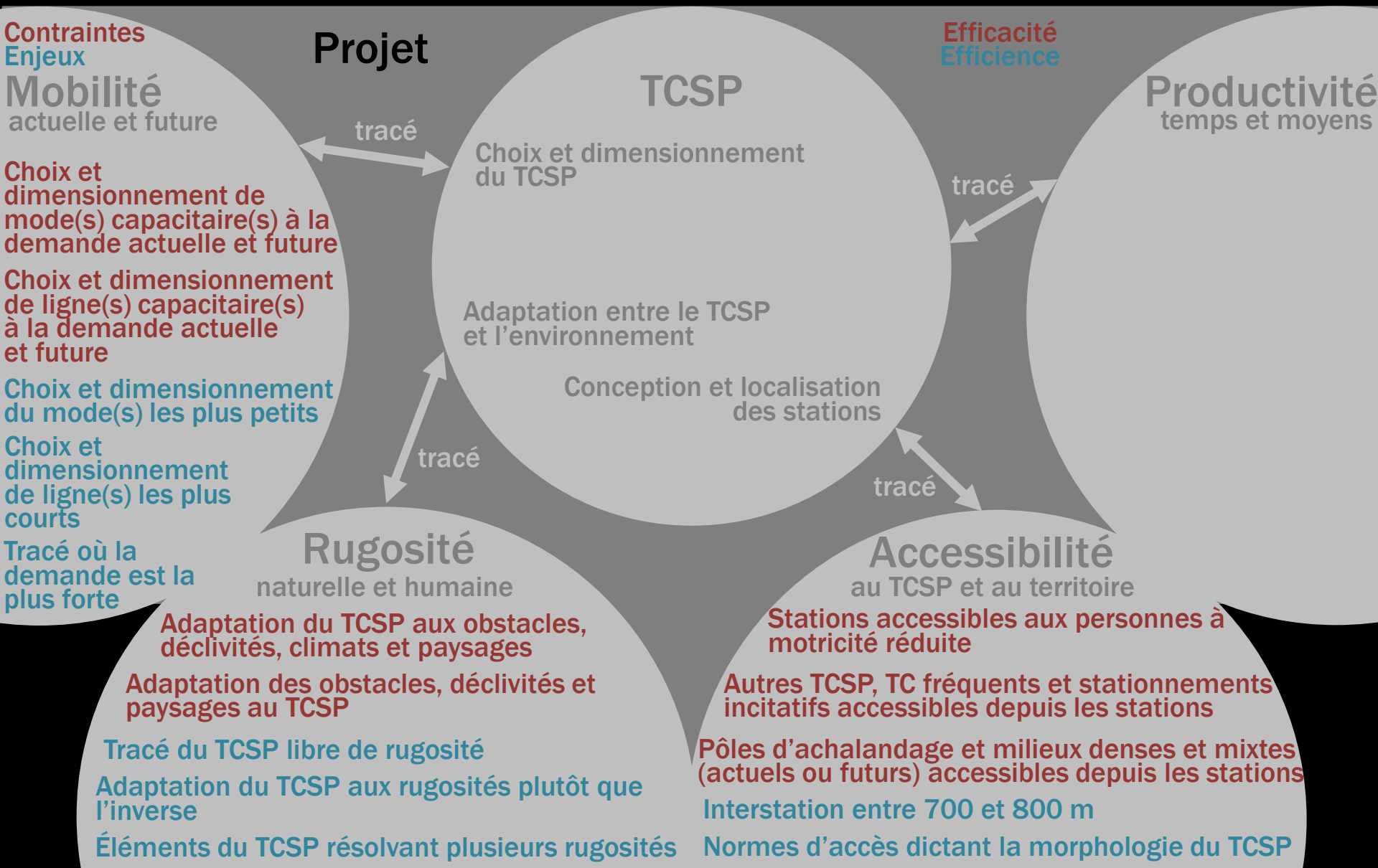
Méthode

Méthodologie d'optimisation



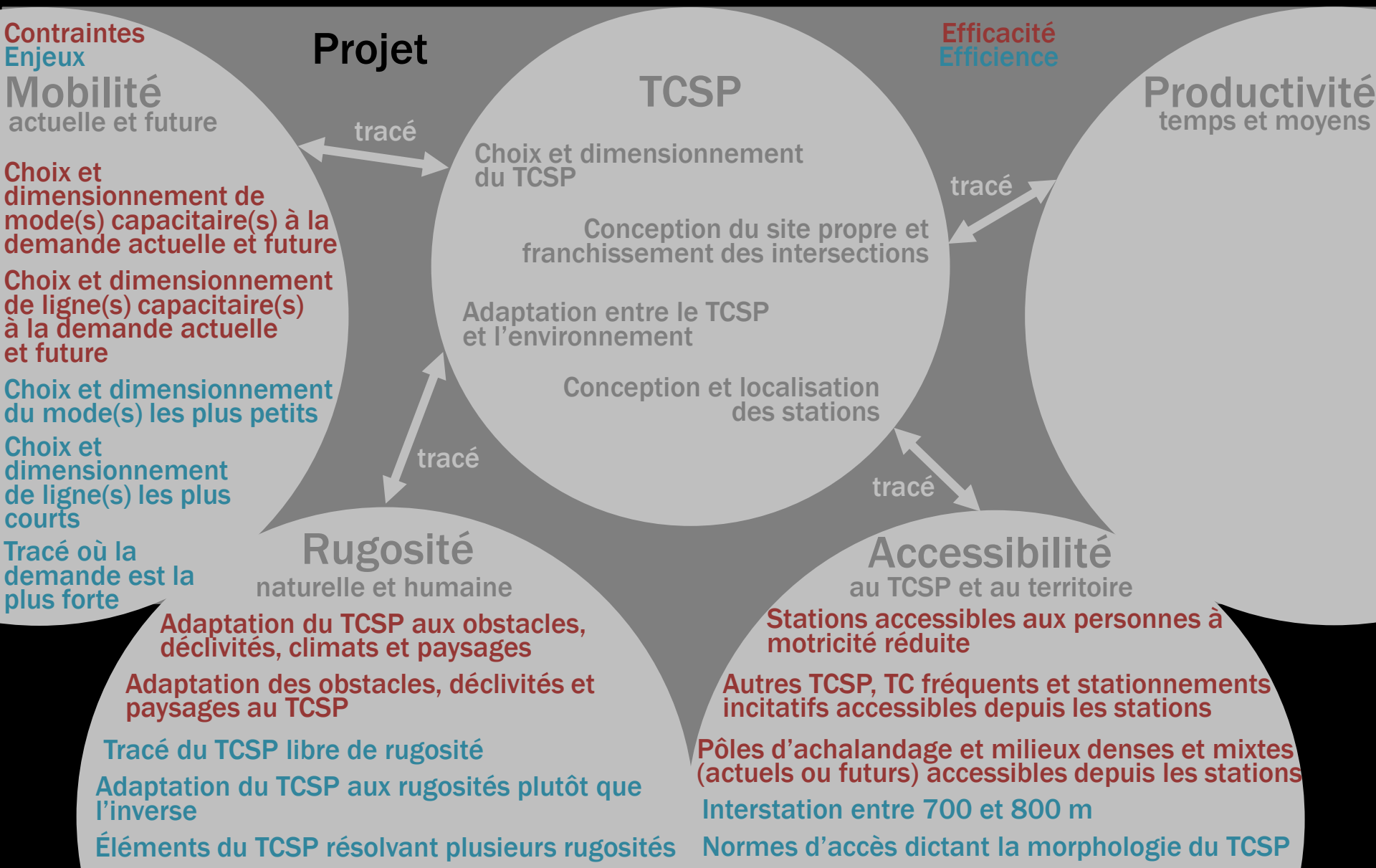
Méthode

Méthodologie d'optimisation



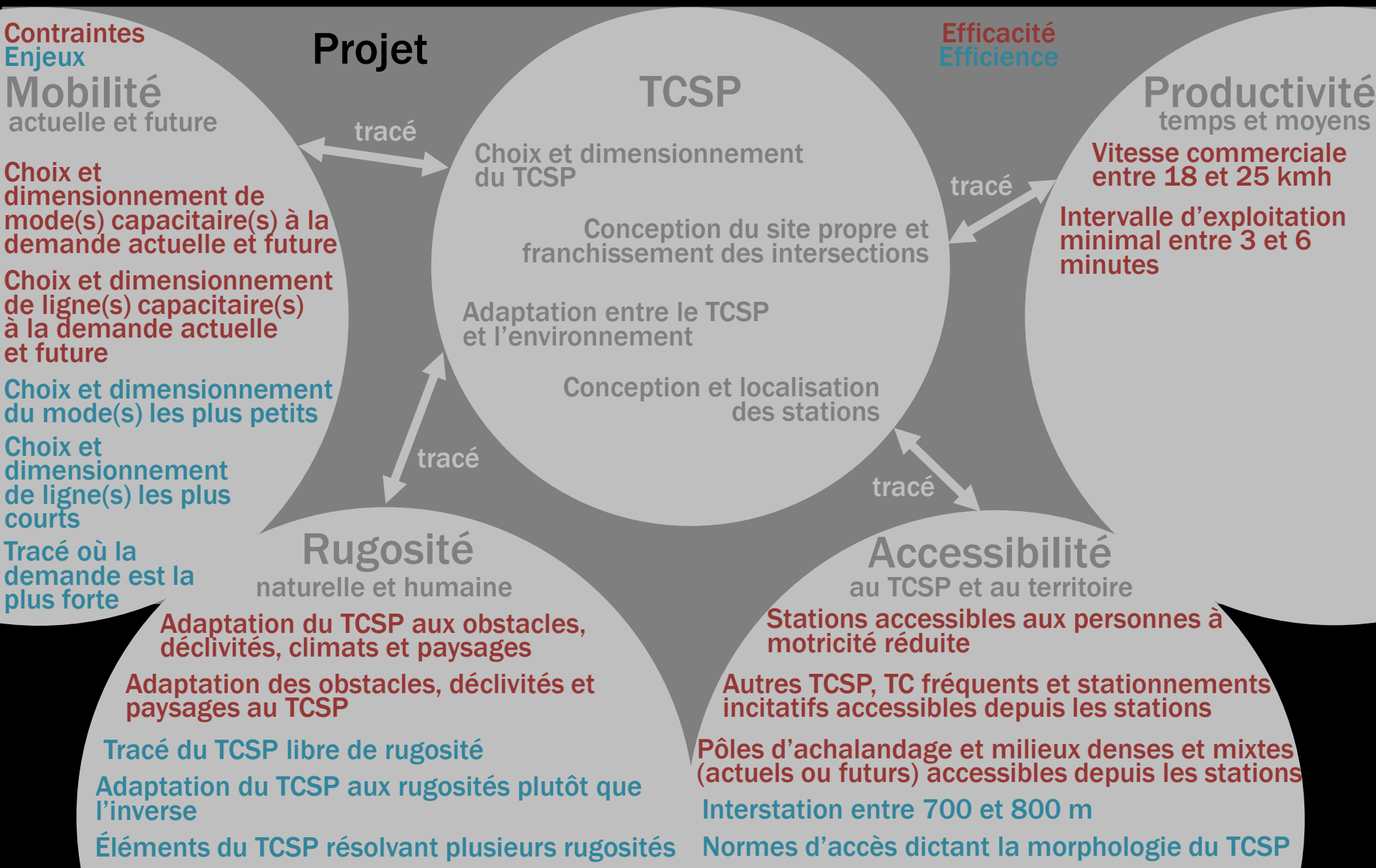
Méthode

Méthodologie d'optimisation



Méthode

Méthodologie d'optimisation



Contraintes
Enjeux
Mobilité
actuelle et future

Choix et dimensionnement de mode(s) capacitaire(s) à la demande actuelle et future

Choix et dimensionnement de ligne(s) capacitaire(s) à la demande actuelle et future

Choix et dimensionnement du mode(s) les plus petits

Choix et dimensionnement de ligne(s) les plus courts

Tracé où la demande est la plus forte

Projet

tracé

TCSP

Choix et dimensionnement du TCSP

Conception du site propre et franchissement des intersections

Adaptation entre le TCSP et l'environnement

Conception et localisation des stations

tracé

tracé

tracé

Efficacité
Efficiency

Productivité

temps et moyens

Vitesse commerciale entre 18 et 25 kmh

Intervalle d'exploitation minimal entre 3 et 6 minutes

Rugosité

naturelle et humaine

Adaptation du TCSP aux obstacles, déclivités, climats et paysages

Adaptation des obstacles, déclivités et paysages au TCSP

Tracé du TCSP libre de rugosité

Adaptation du TCSP aux rugosités plutôt que l'inverse

Éléments du TCSP résolvant plusieurs rugosités

Accessibilité

au TCSP et au territoire

Stations accessibles aux personnes à motricité réduite

Autres TCSP, TC fréquents et stationnements incitatifs accessibles depuis les stations

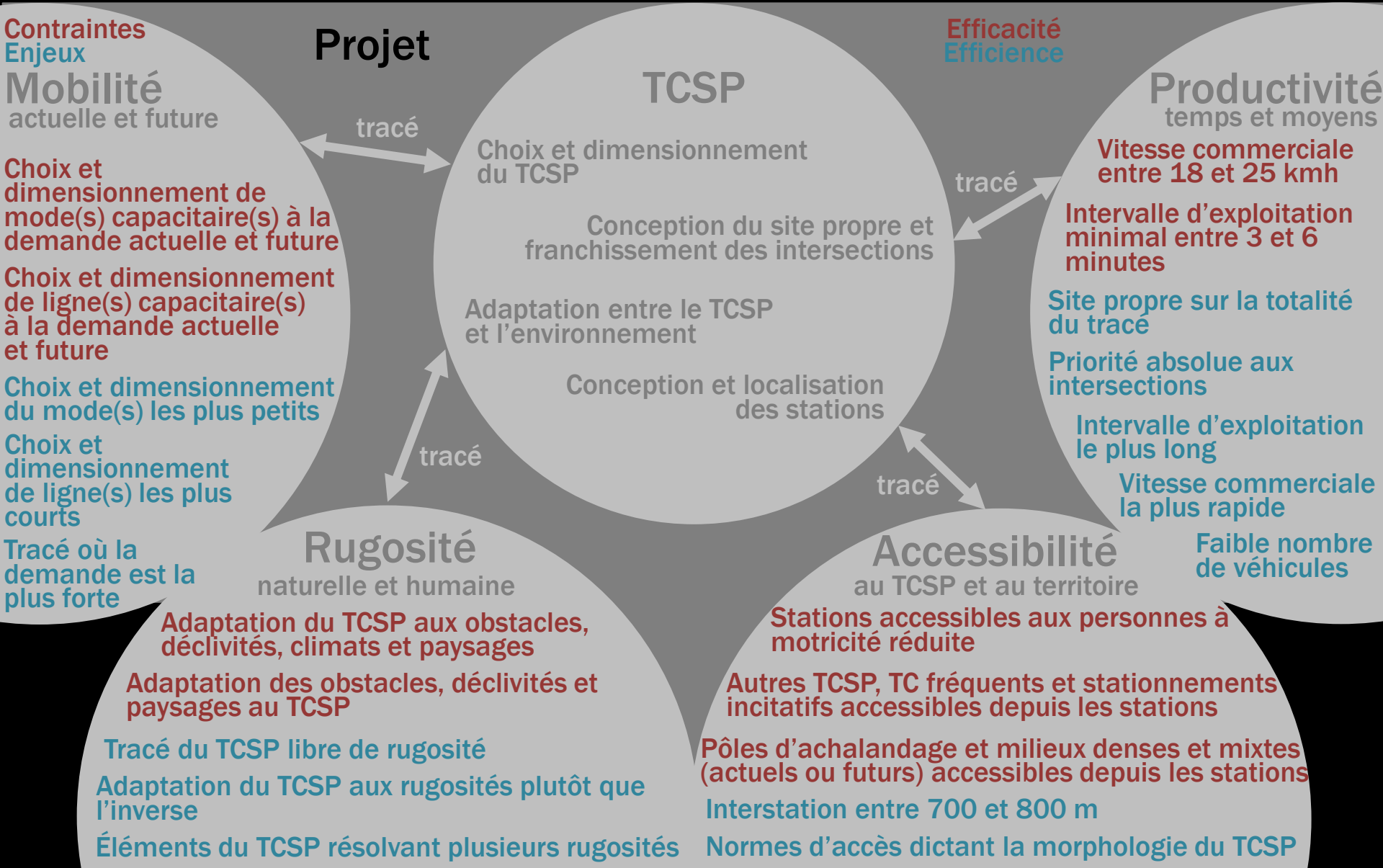
Pôles d'achalandage et milieux denses et mixtes (actuels ou futurs) accessibles depuis les stations

Interstation entre 700 et 800 m

Normes d'accès dictant la morphologie du TCSP

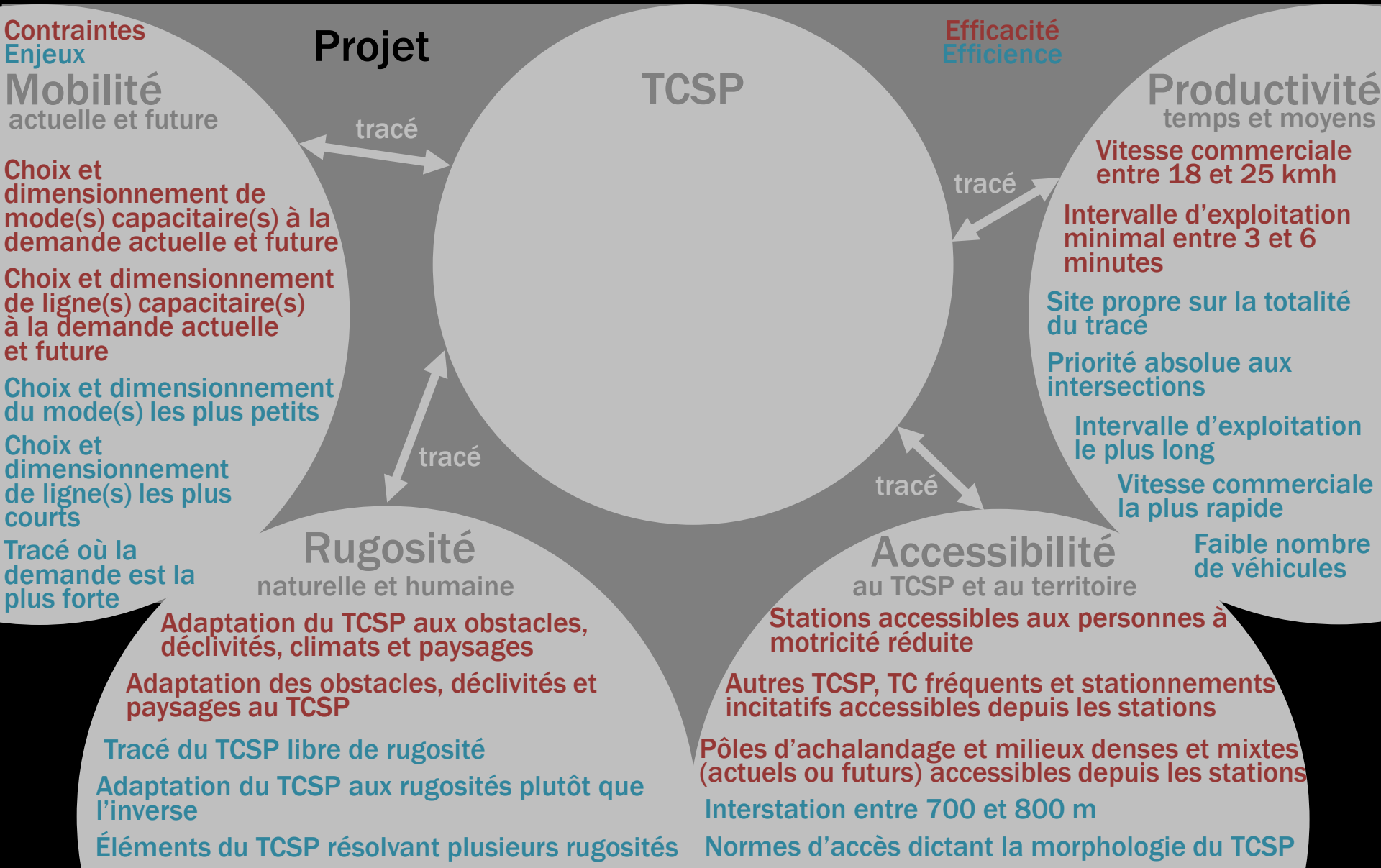
Méthode

Méthodologie d'optimisation



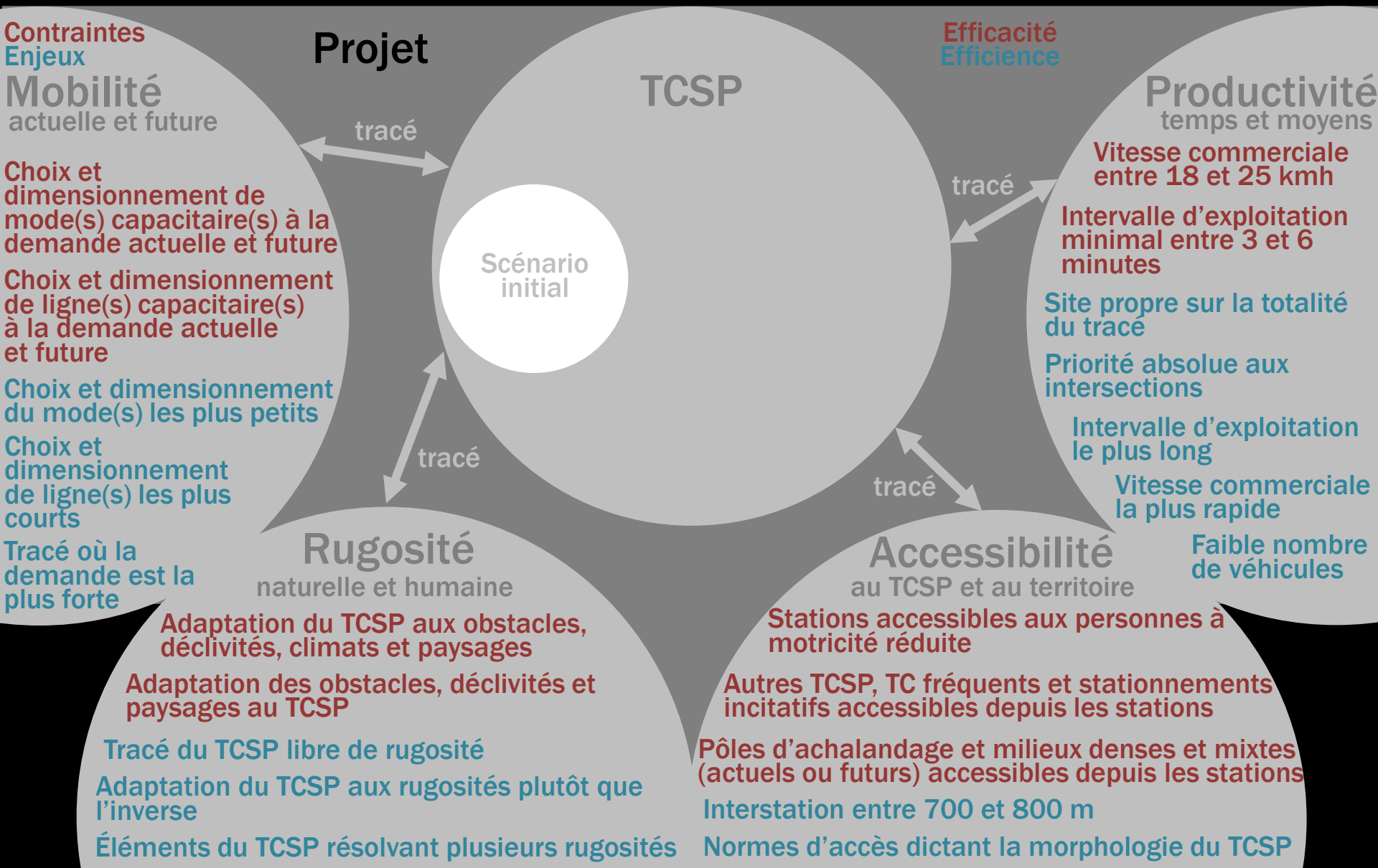
Méthode

Processus d'optimisation



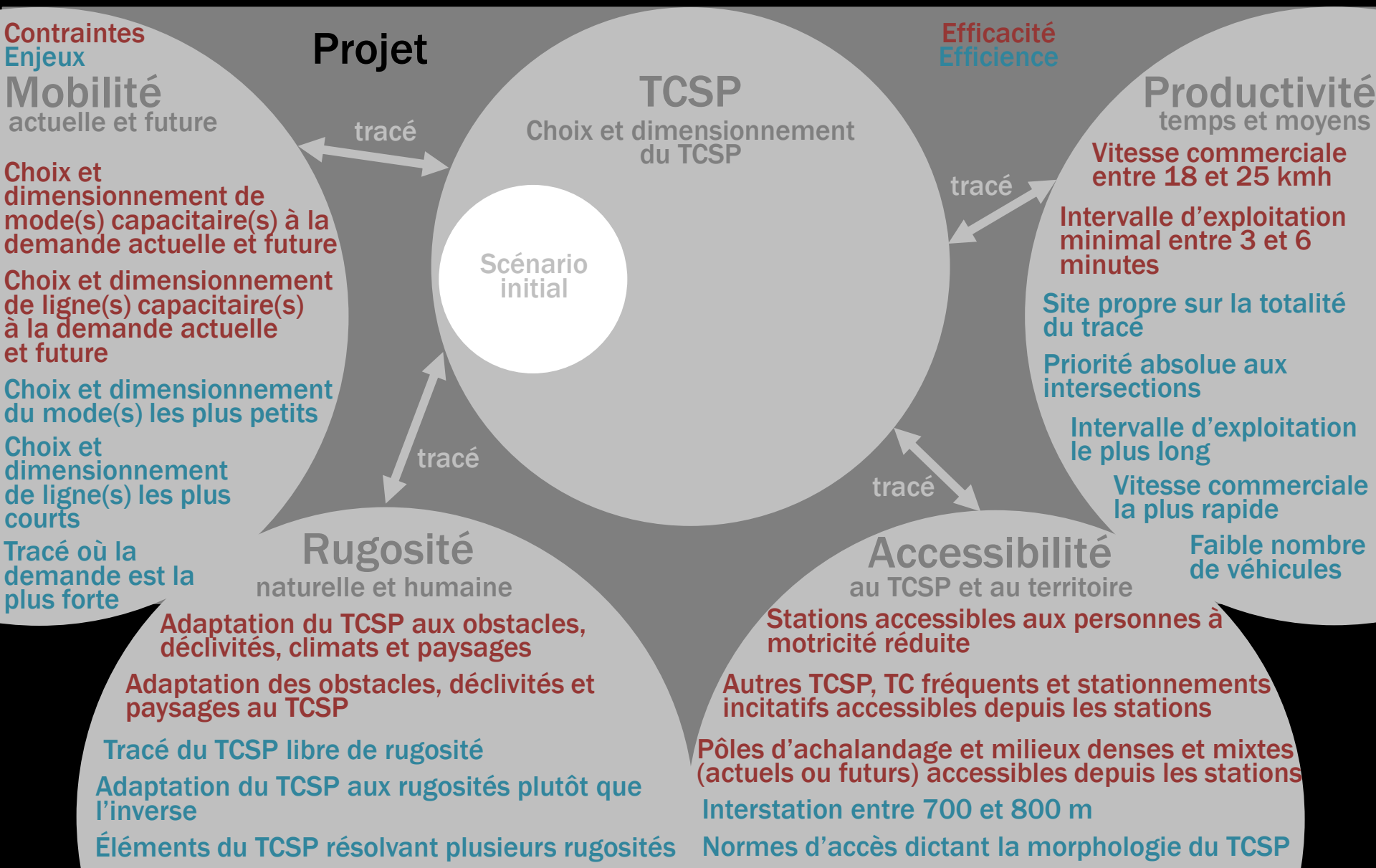
Méthode

Processus d'optimisation



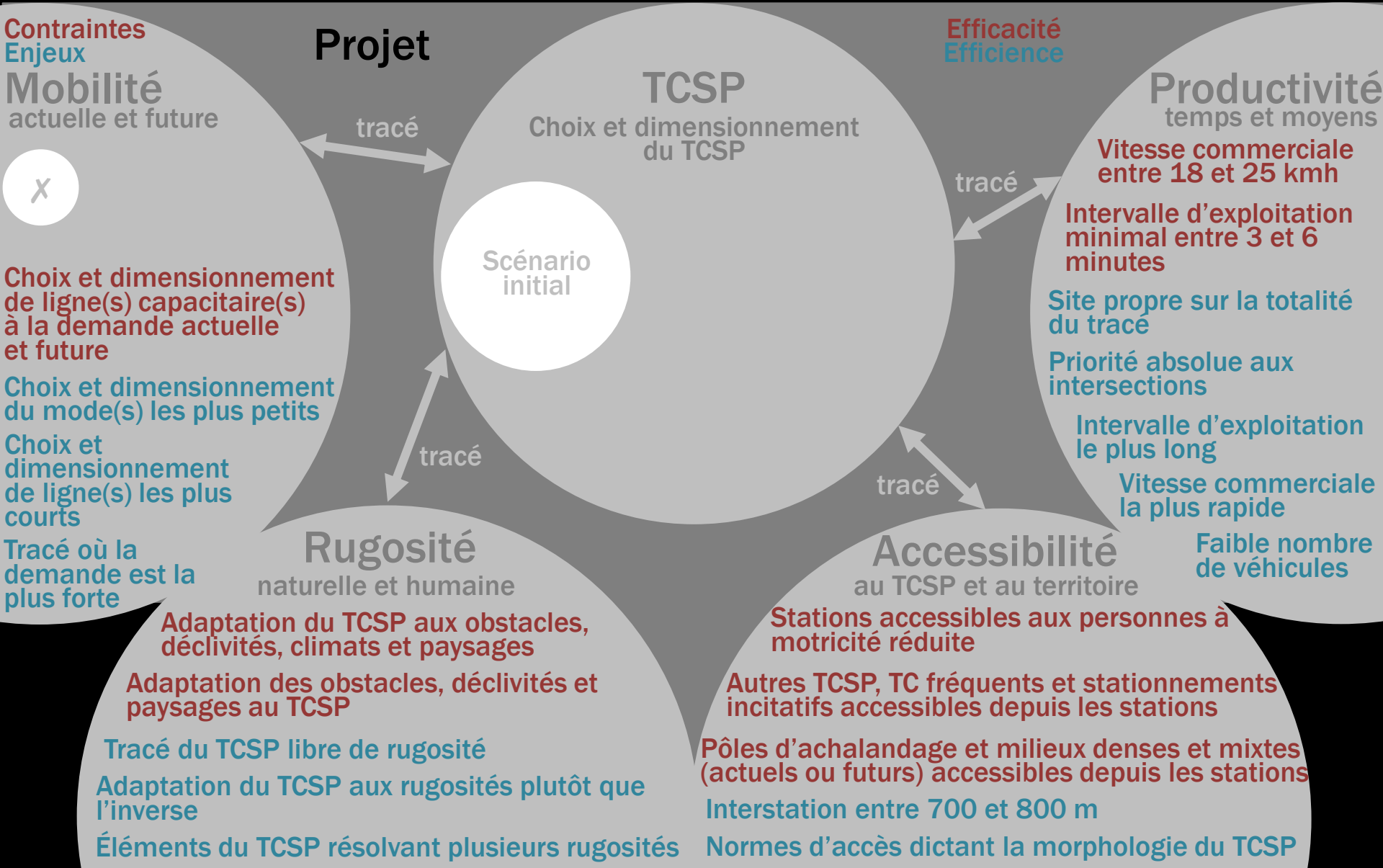
Méthode

Processus d'optimisation



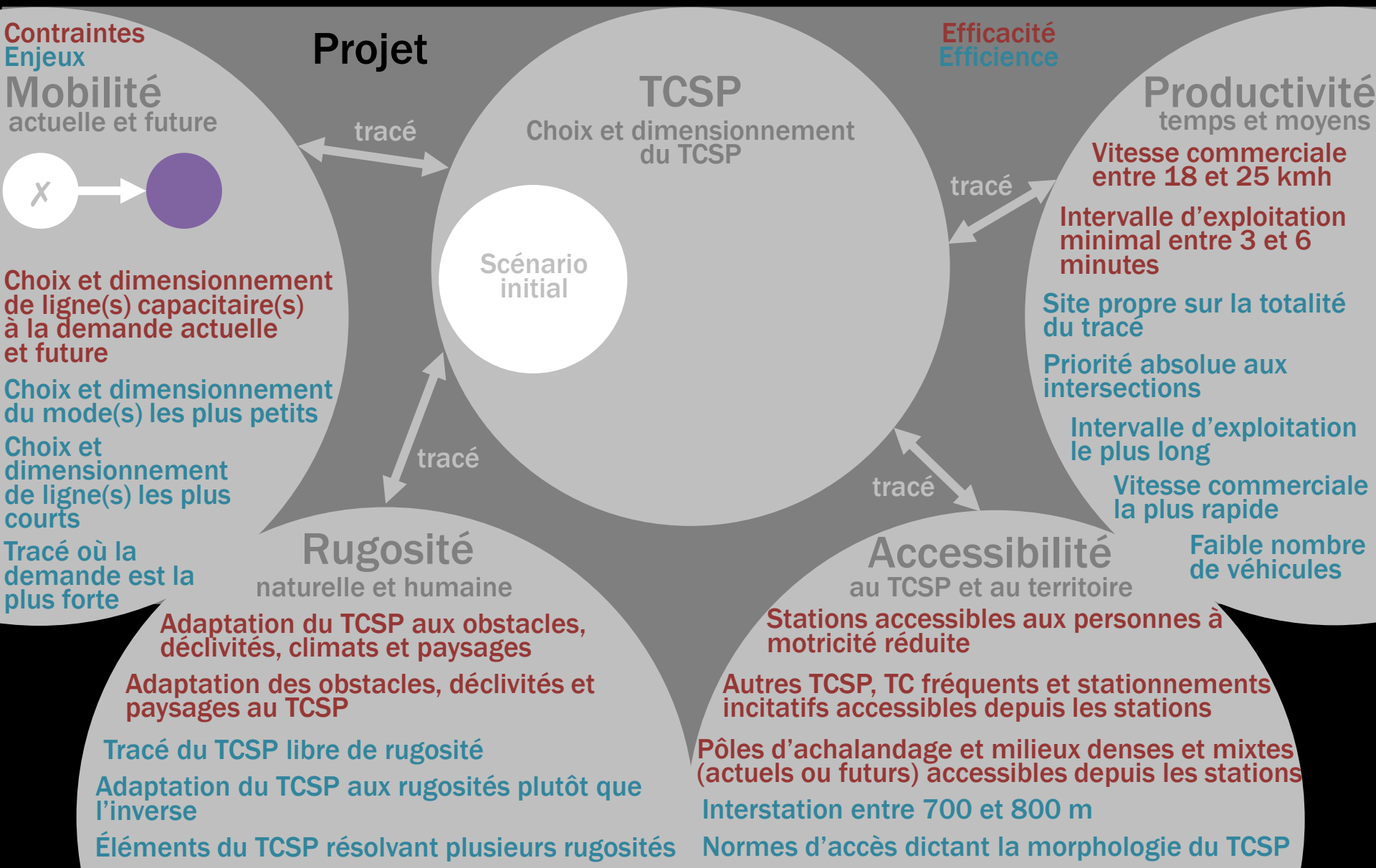
Méthode

Processus d'optimisation



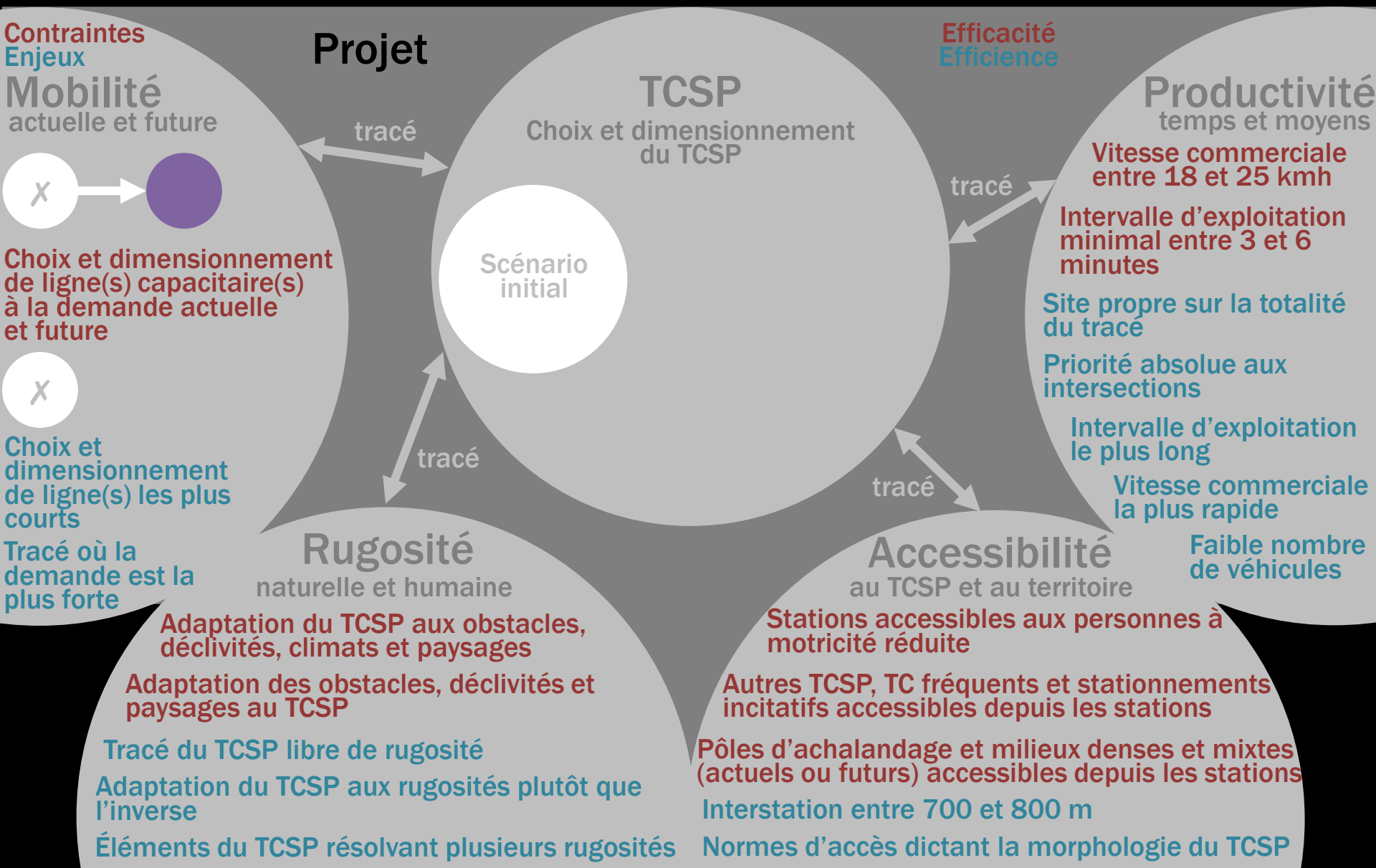
Méthode

Processus d'optimisation



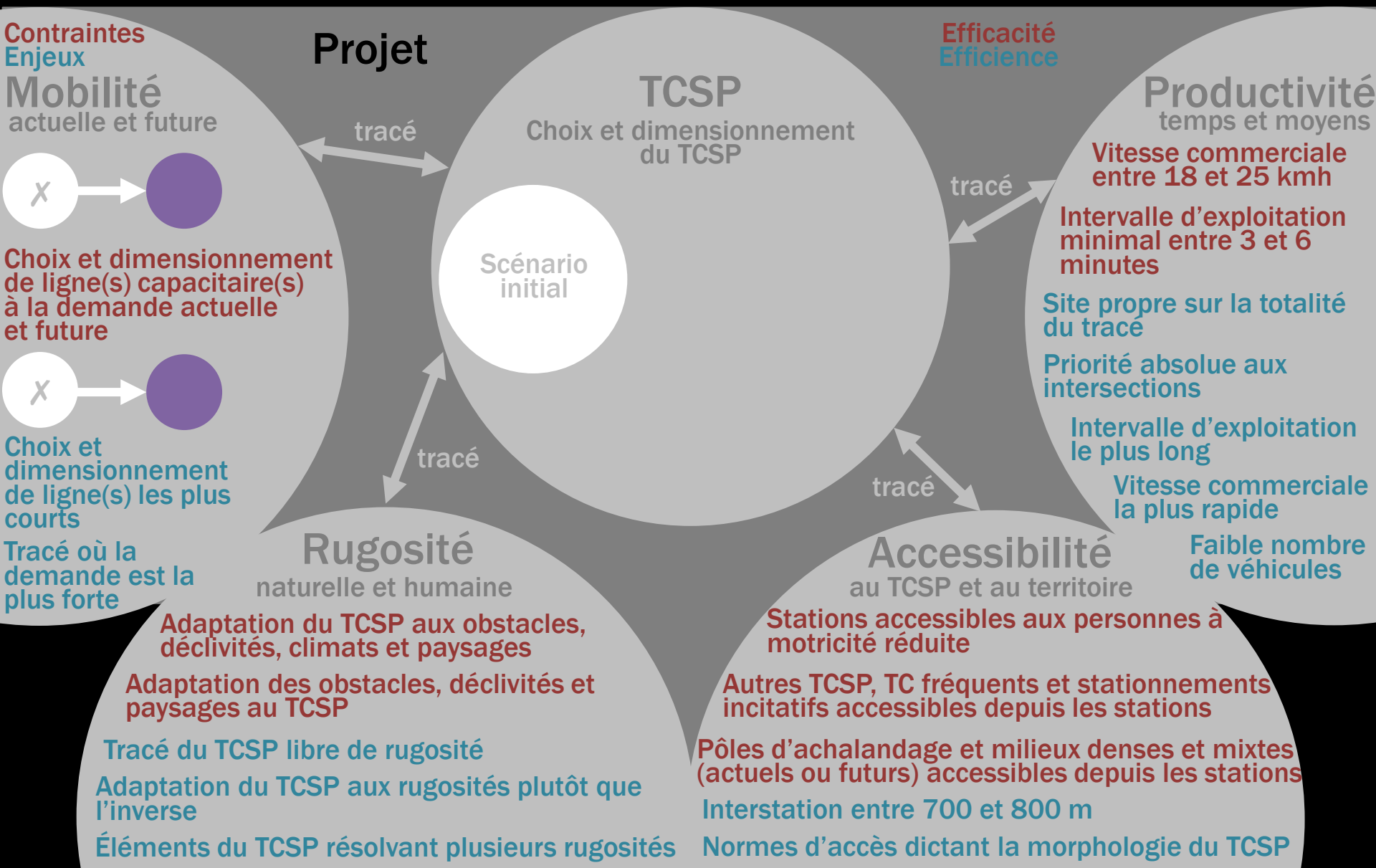
Méthode

Processus d'optimisation



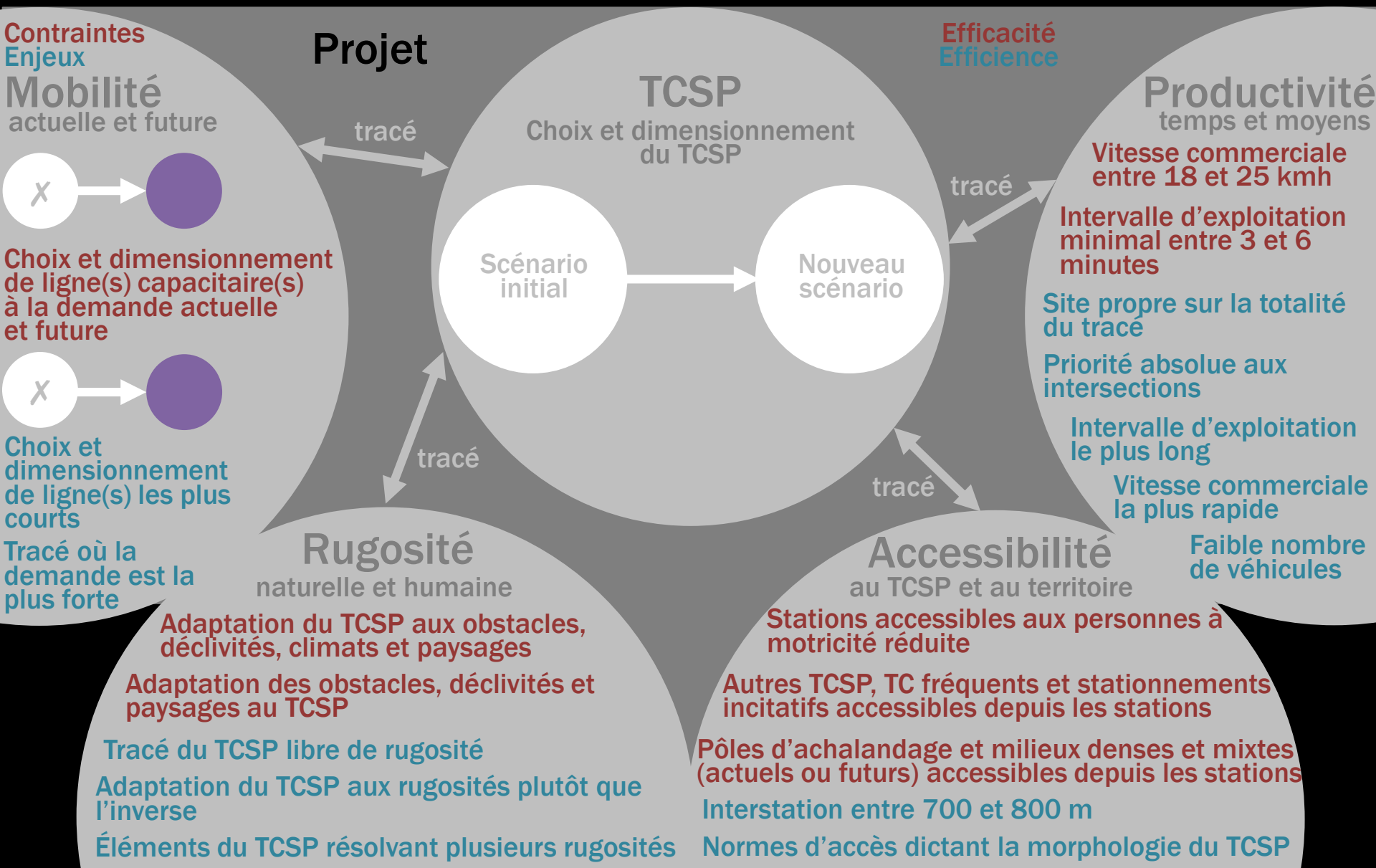
Méthode

Processus d'optimisation



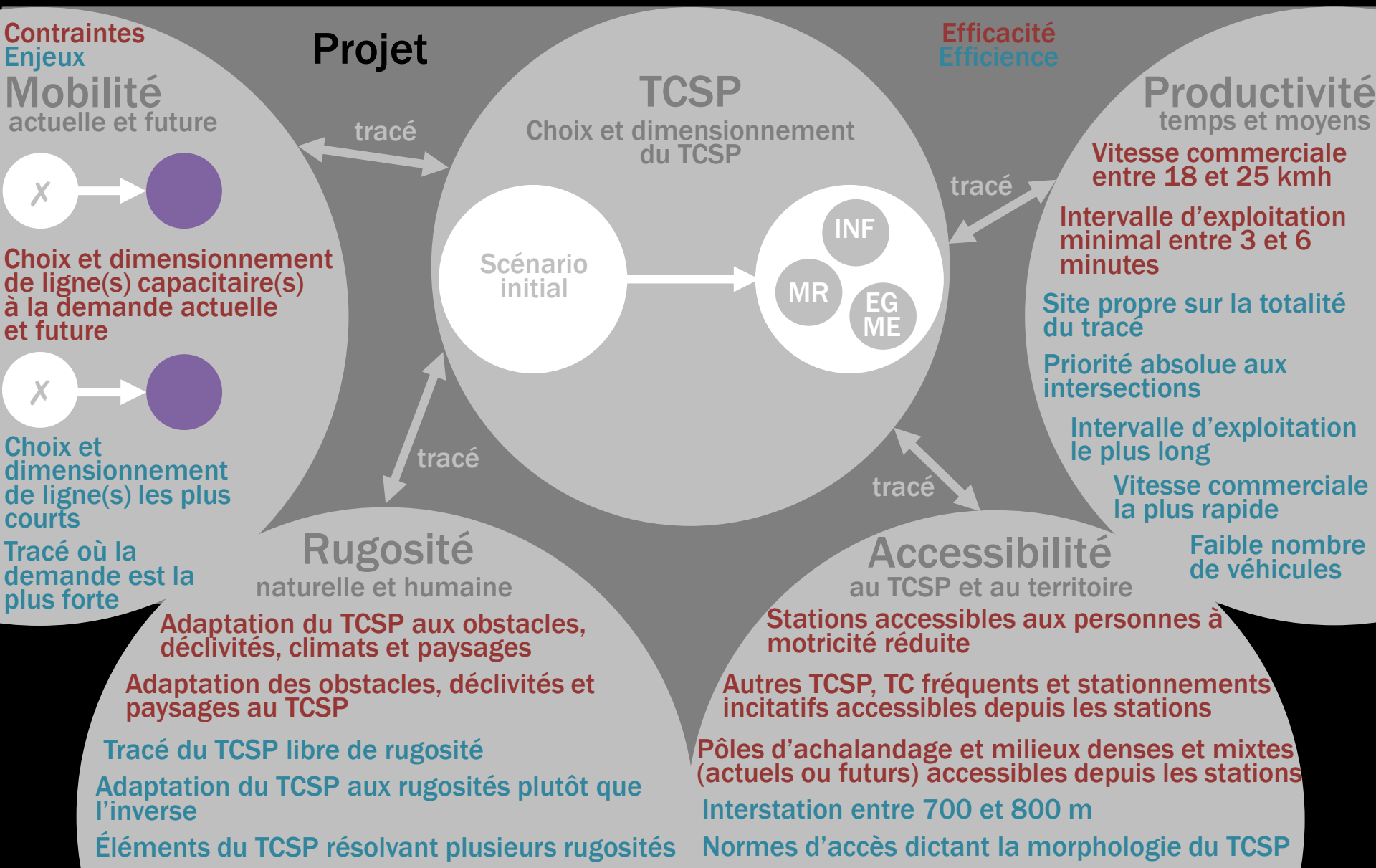
Méthode

Processus d'optimisation



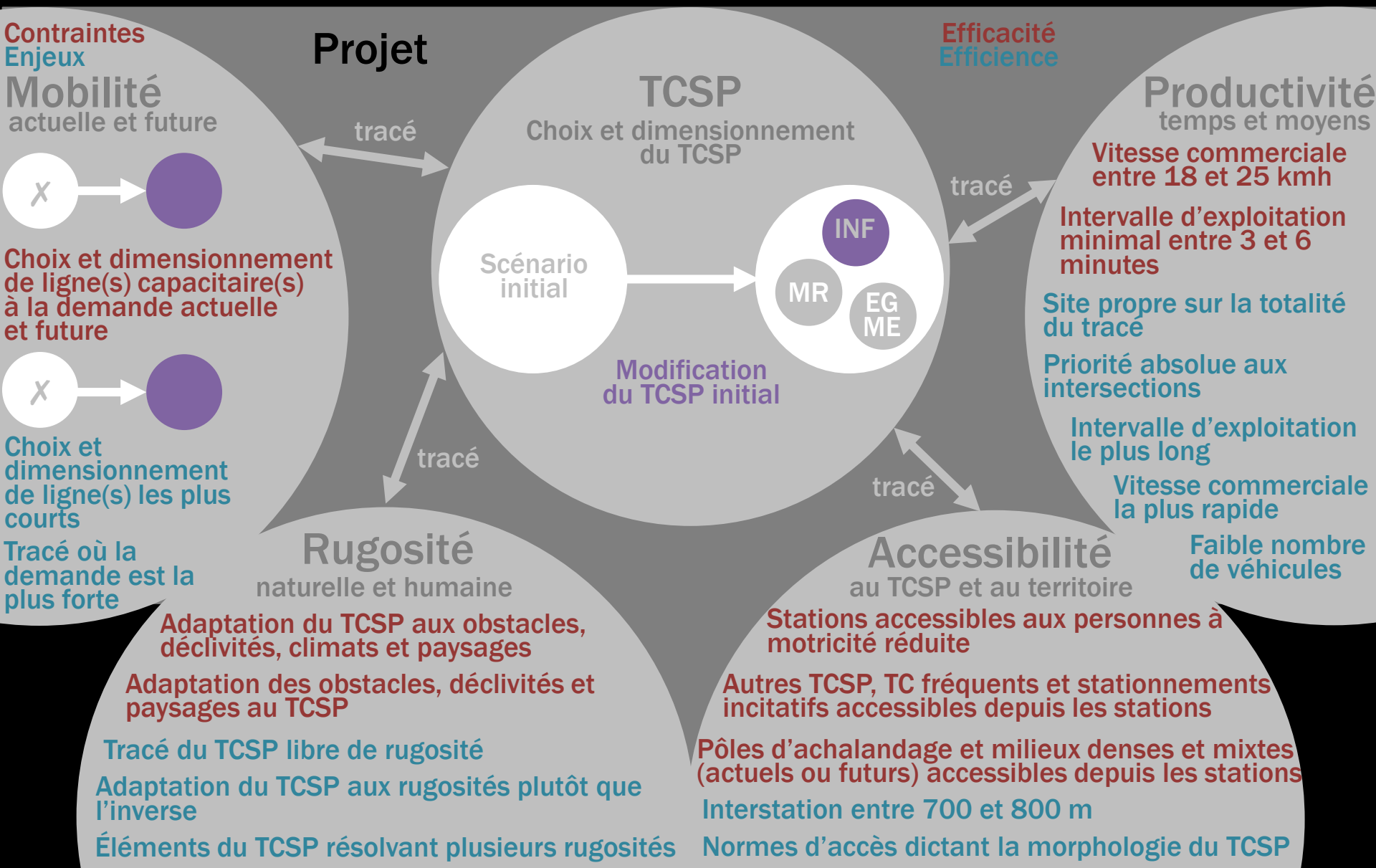
Méthode

Processus d'optimisation



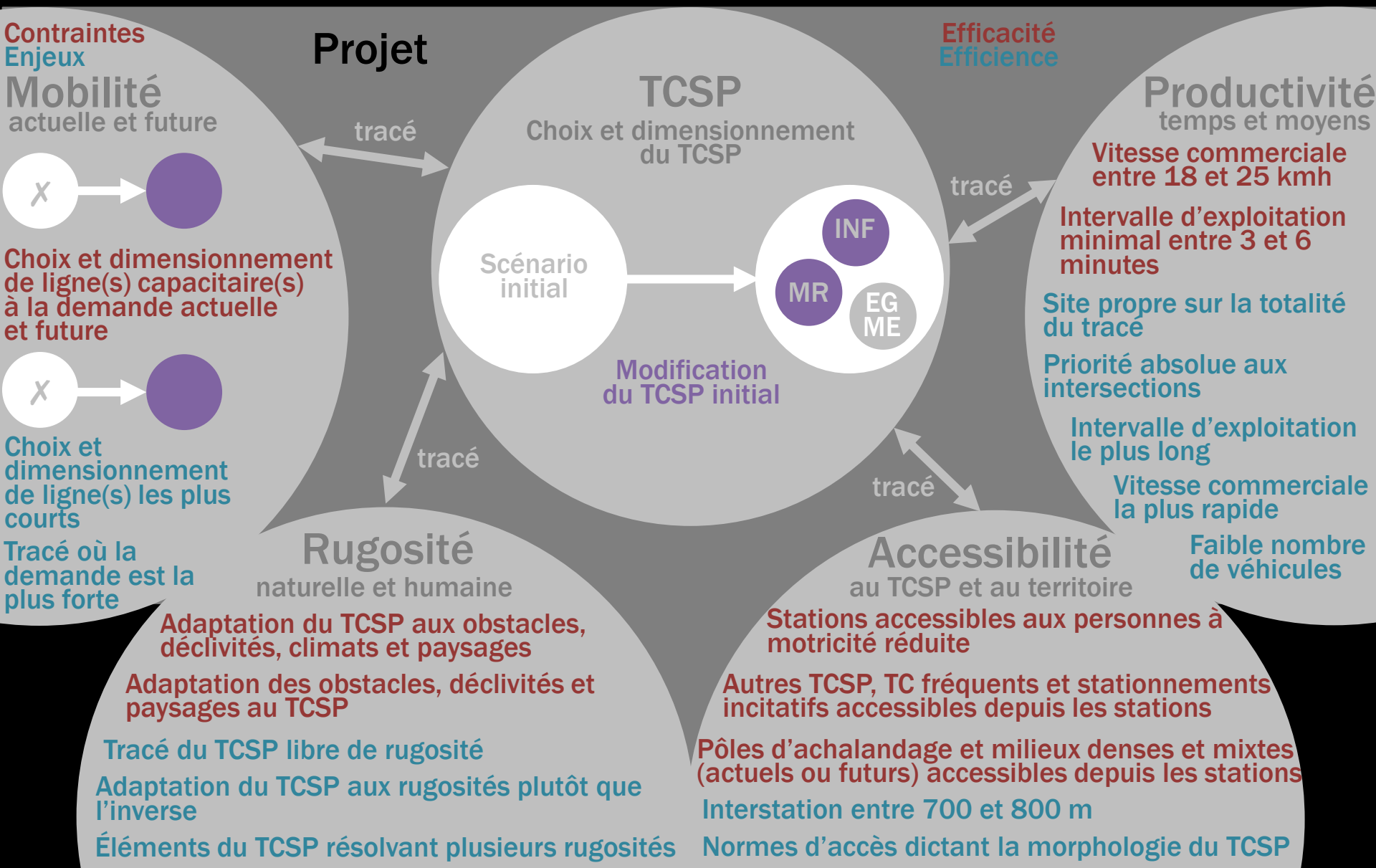
Méthode

Processus d'optimisation

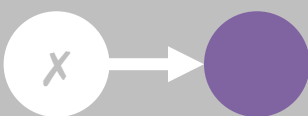


Méthode

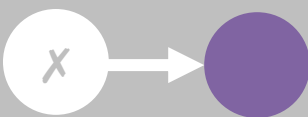
Processus d'optimisation



Contraintes
Enjeux
Mobilité
actuelle et future



Choix et dimensionnement
de ligne(s) capacitaire(s)
à la demande actuelle
et future

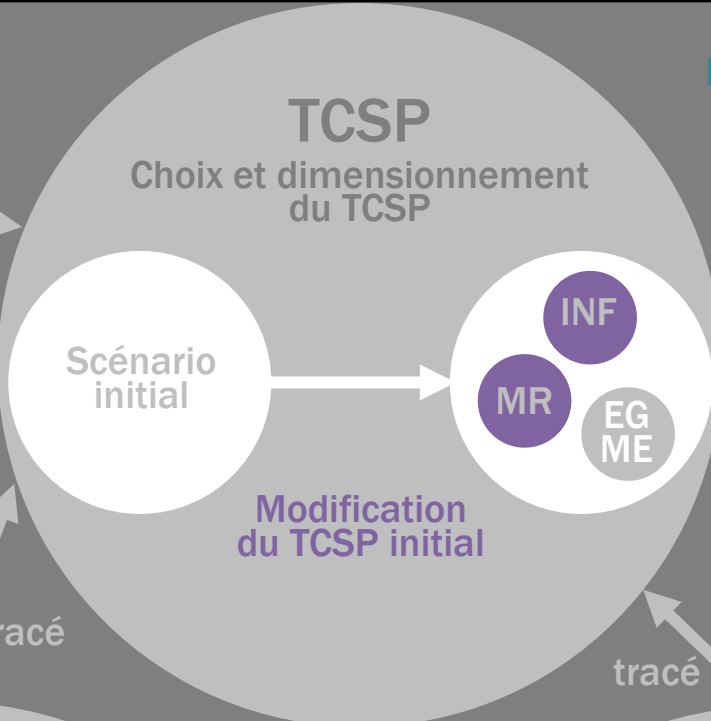


Choix et
dimensionnement
de ligne(s) les plus
courts

Tracé où la
demande est la
plus forte

Projet

tracé



TCSP

Choix et dimensionnement
du TCSP

Scénario
initial

Modification
du TCSP initial



Efficacité
Effizienz

tracé

Productivité

temps et moyens

Vitesse commerciale
entre 18 et 25 kmh

Intervalle d'exploitation
minimal entre 3 et 6
minutes

Site propre sur la totalité
du tracé

Priorité absolue aux
intersections

Intervalle d'exploitation
le plus long

Vitesse commerciale
la plus rapide

Faible nombre
de véhicules

Rugosité

naturelle et humaine

Adaptation du TCSP aux obstacles,
déclivités, climats et paysages

Adaptation des obstacles, déclivités et
paysages au TCSP

Tracé du TCSP libre de rugosité

Adaptation du TCSP aux rugosités plutôt que
l'inverse

Éléments du TCSP résolvant plusieurs rugosités

Accessibilité

au TCSP et au territoire

Stations accessibles aux personnes à
motricité réduite

Autres TCSP, TC fréquents et stationnements
incitatifs accessibles depuis les stations

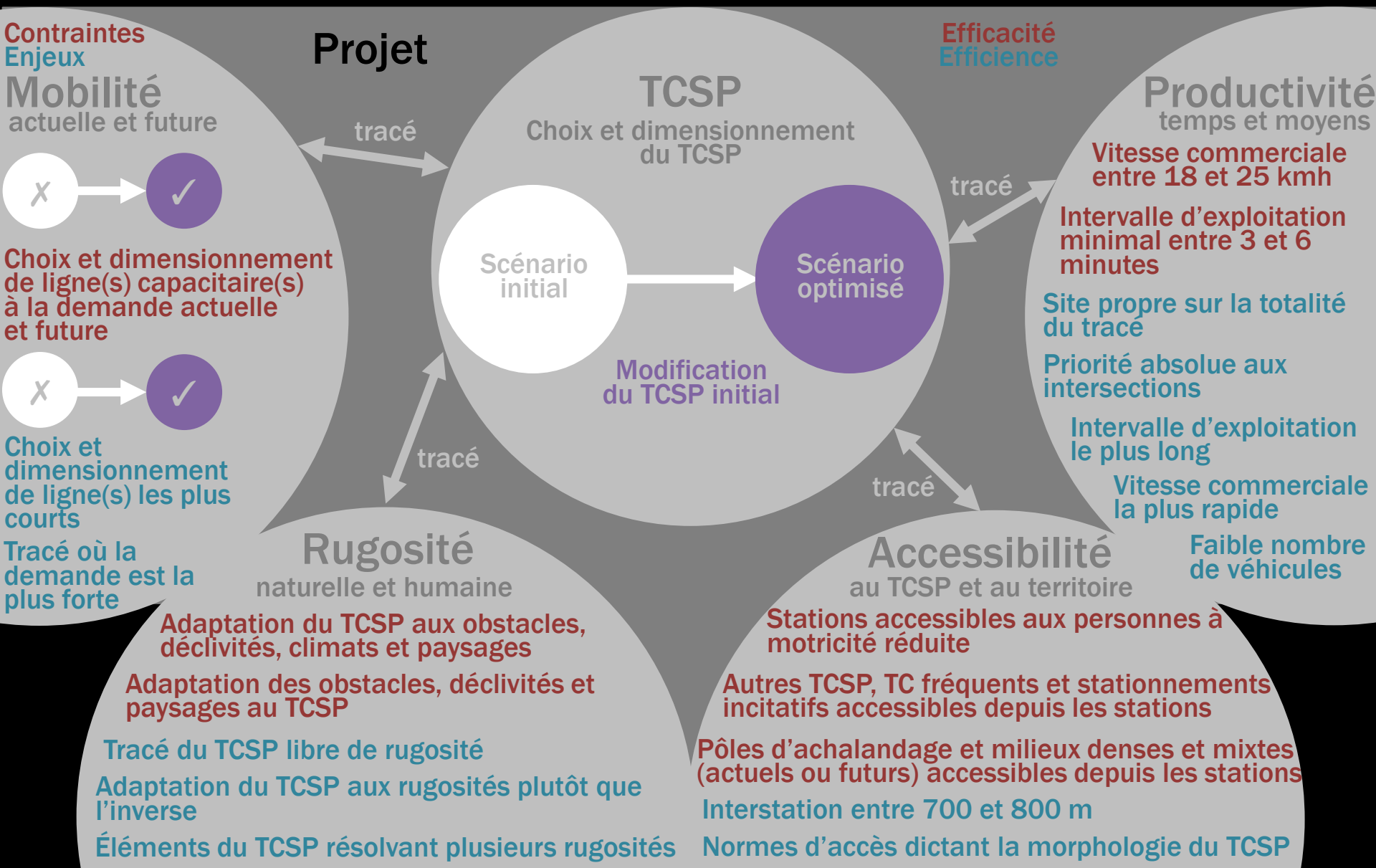
Pôles d'achalandage et milieux denses et mixtes
(actuels ou futurs) accessibles depuis les stations

Interstation entre 700 et 800 m

Normes d'accès dictant la morphologie du TCSP

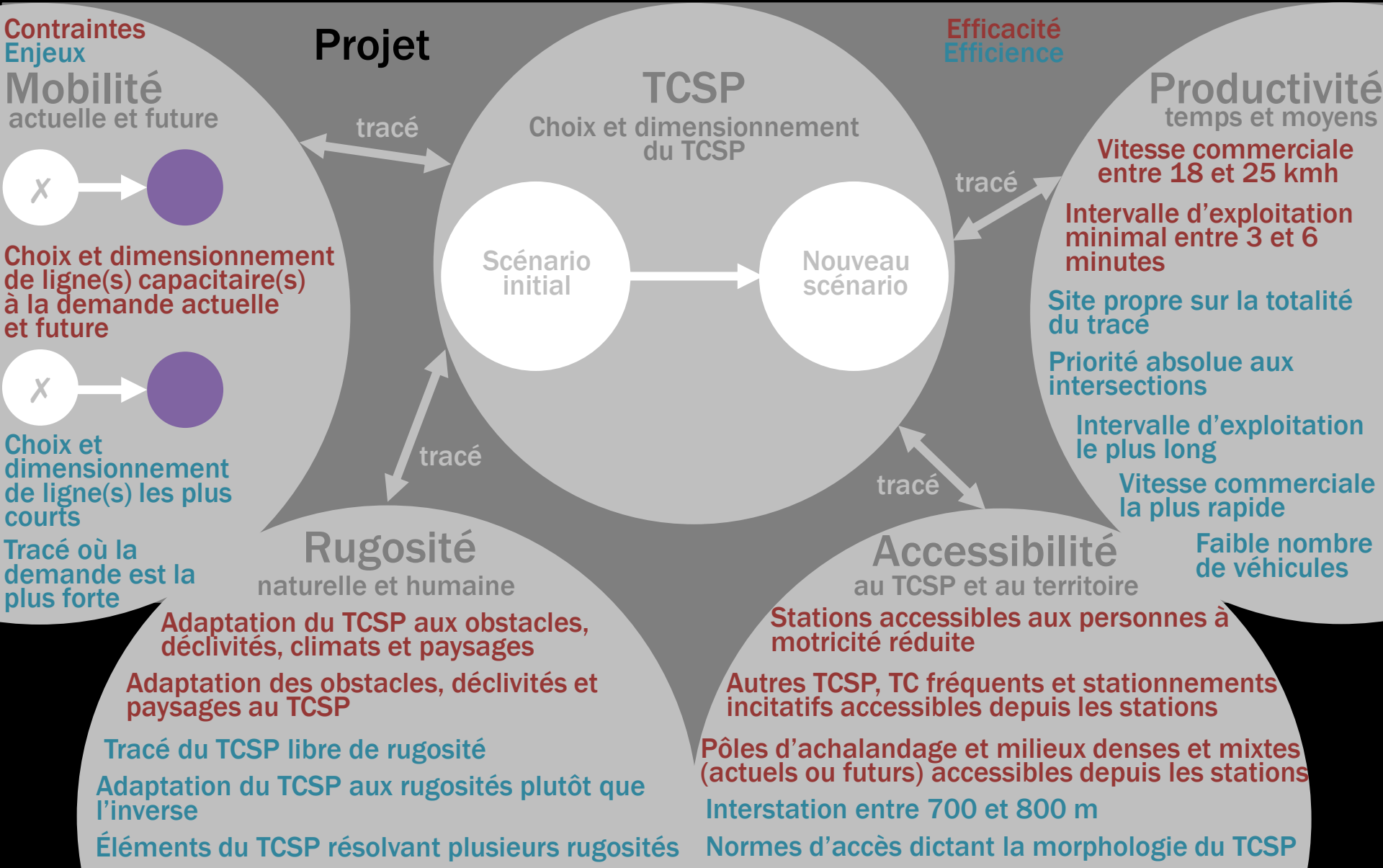
Méthode

Processus d'optimisation



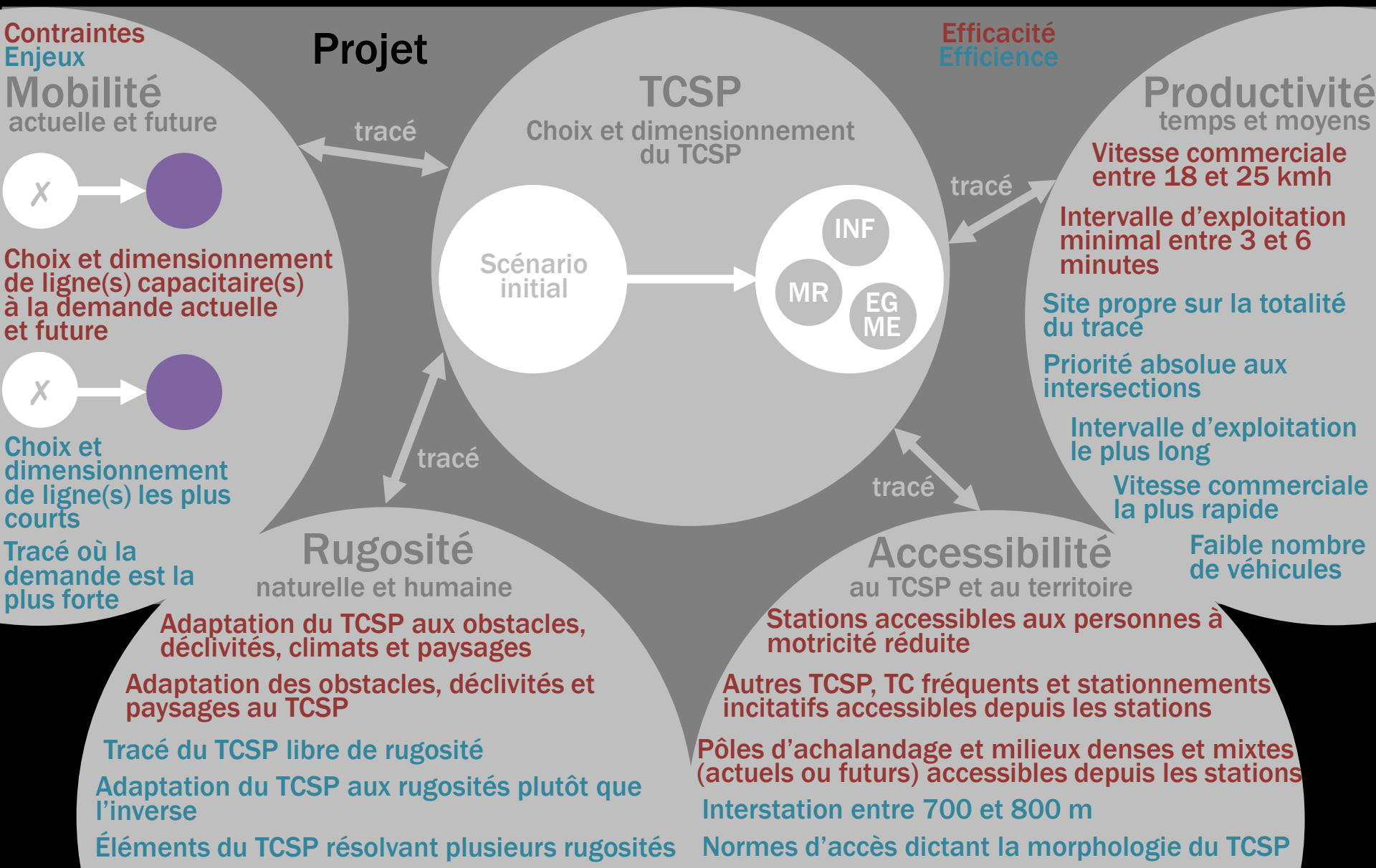
Méthode

Processus d'optimisation



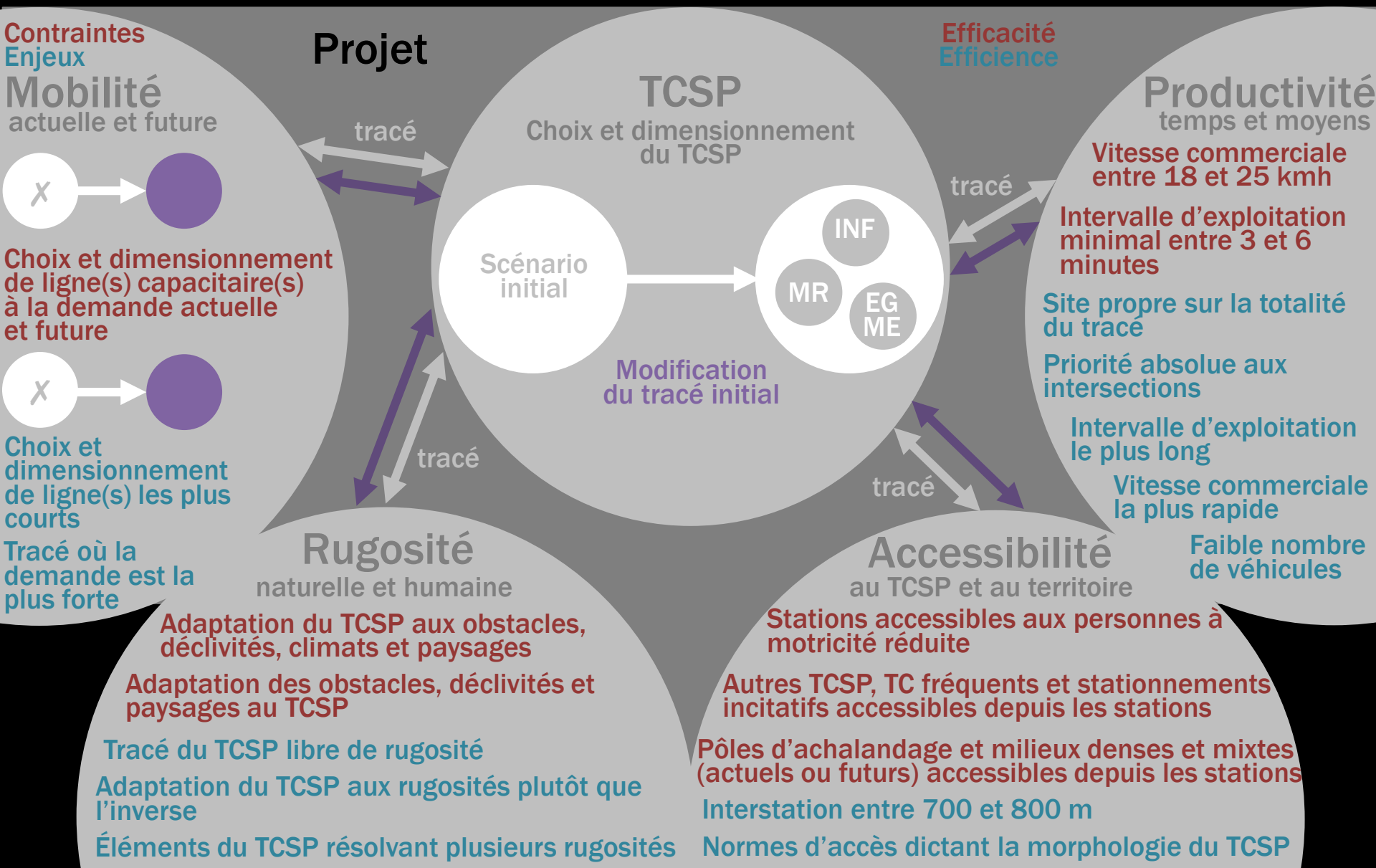
Méthode

Processus d'optimisation



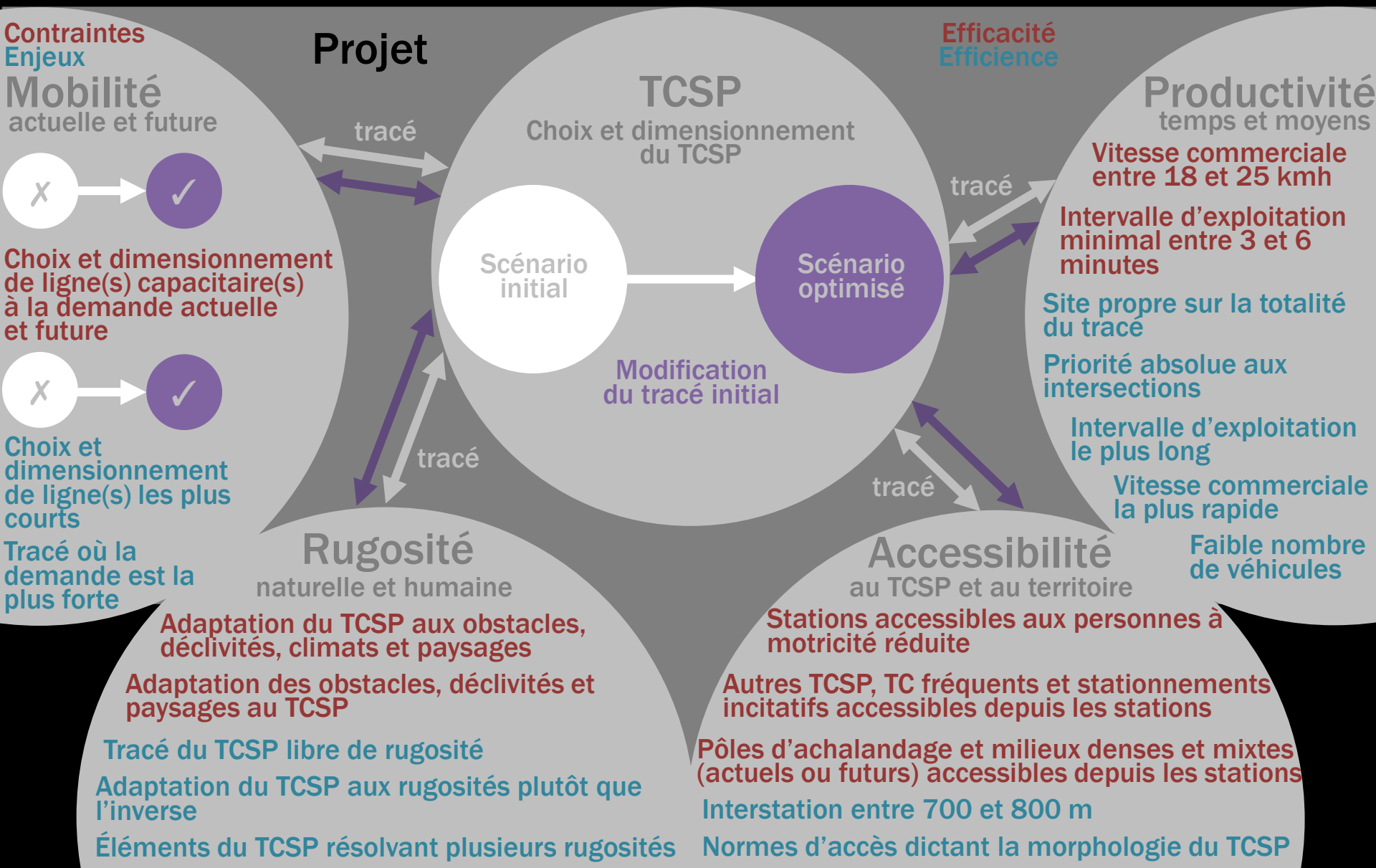
Méthode

Processus d'optimisation



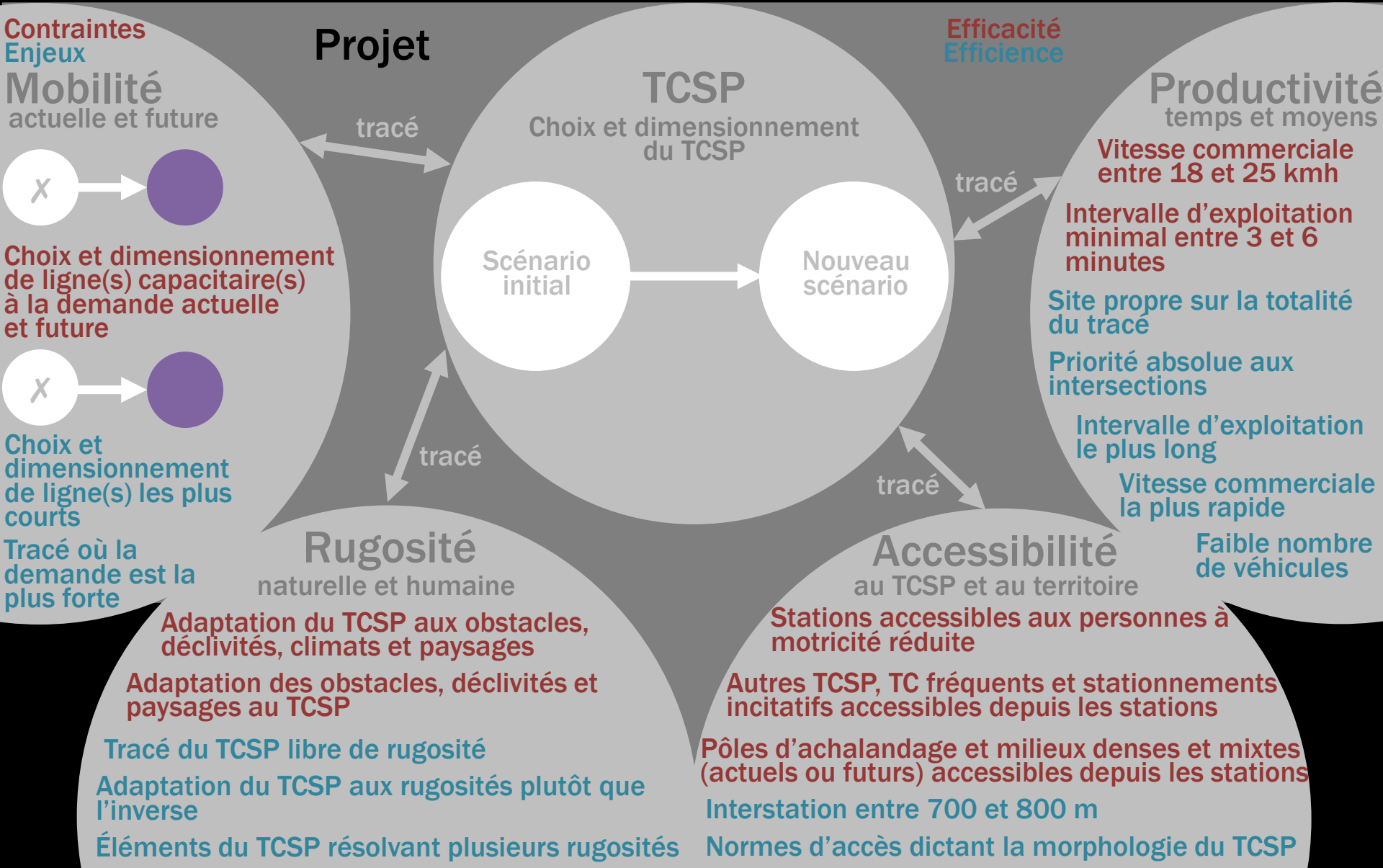
Méthode

Processus d'optimisation



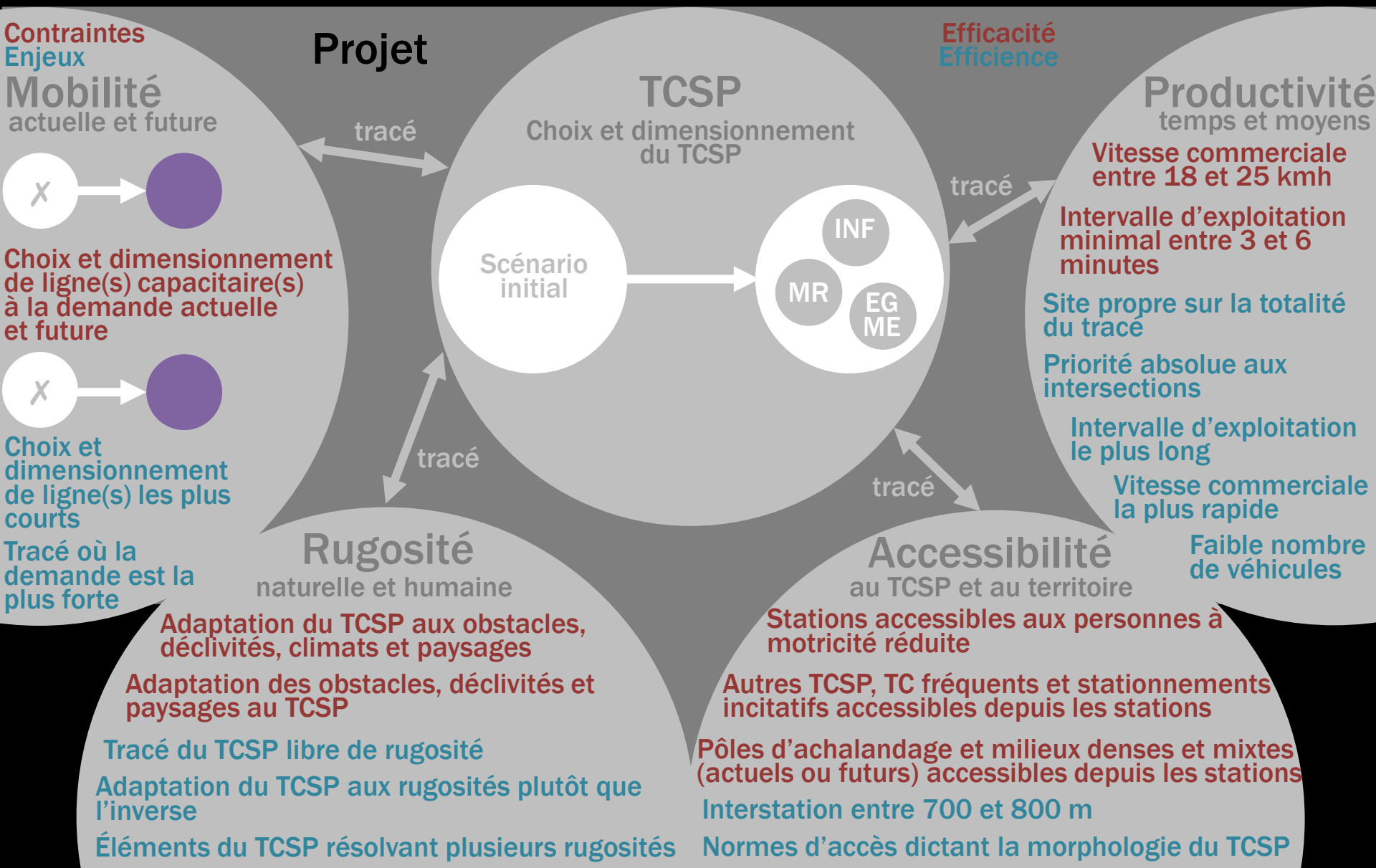
Méthode

Processus d'optimisation



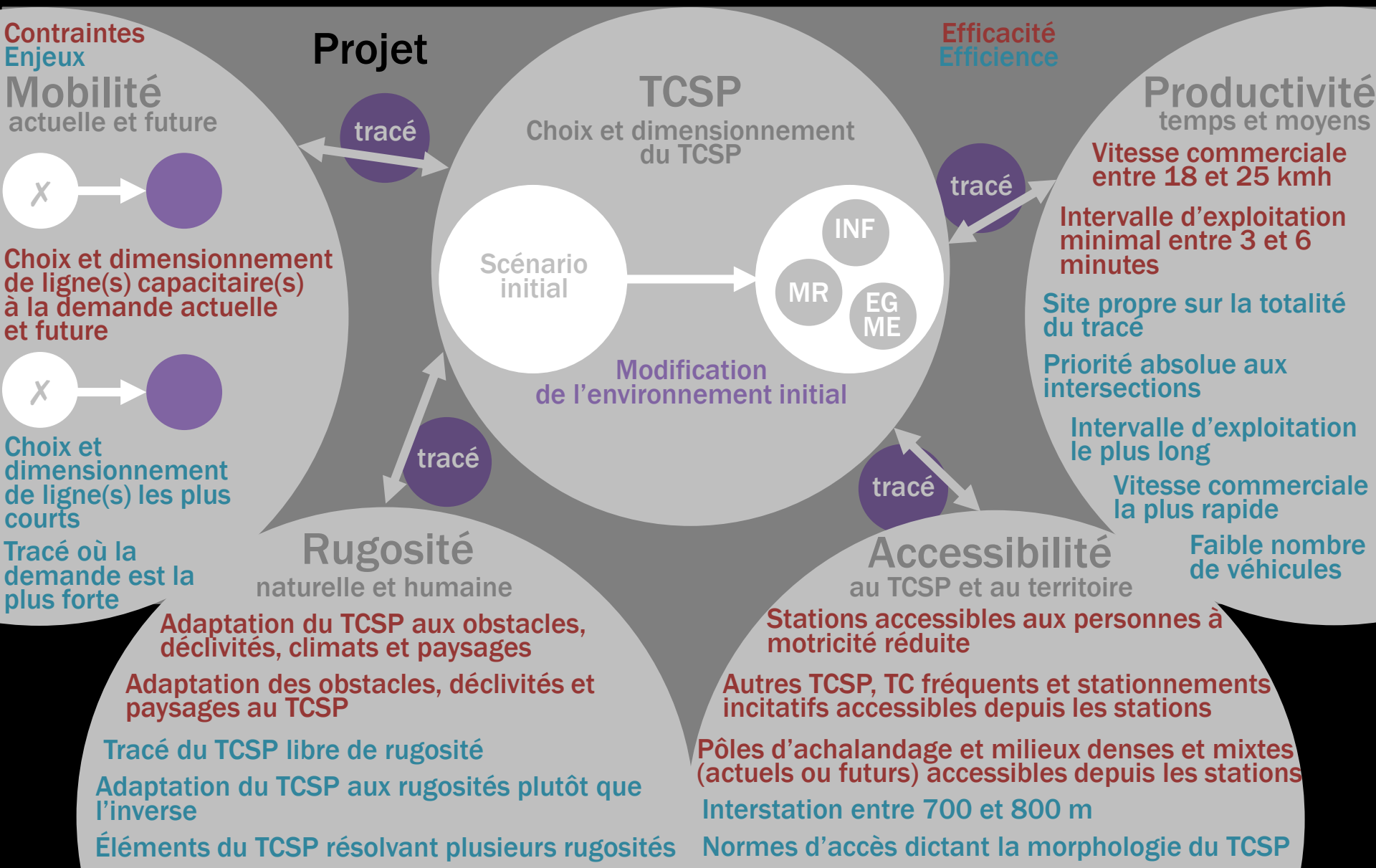
Méthode

Processus d'optimisation



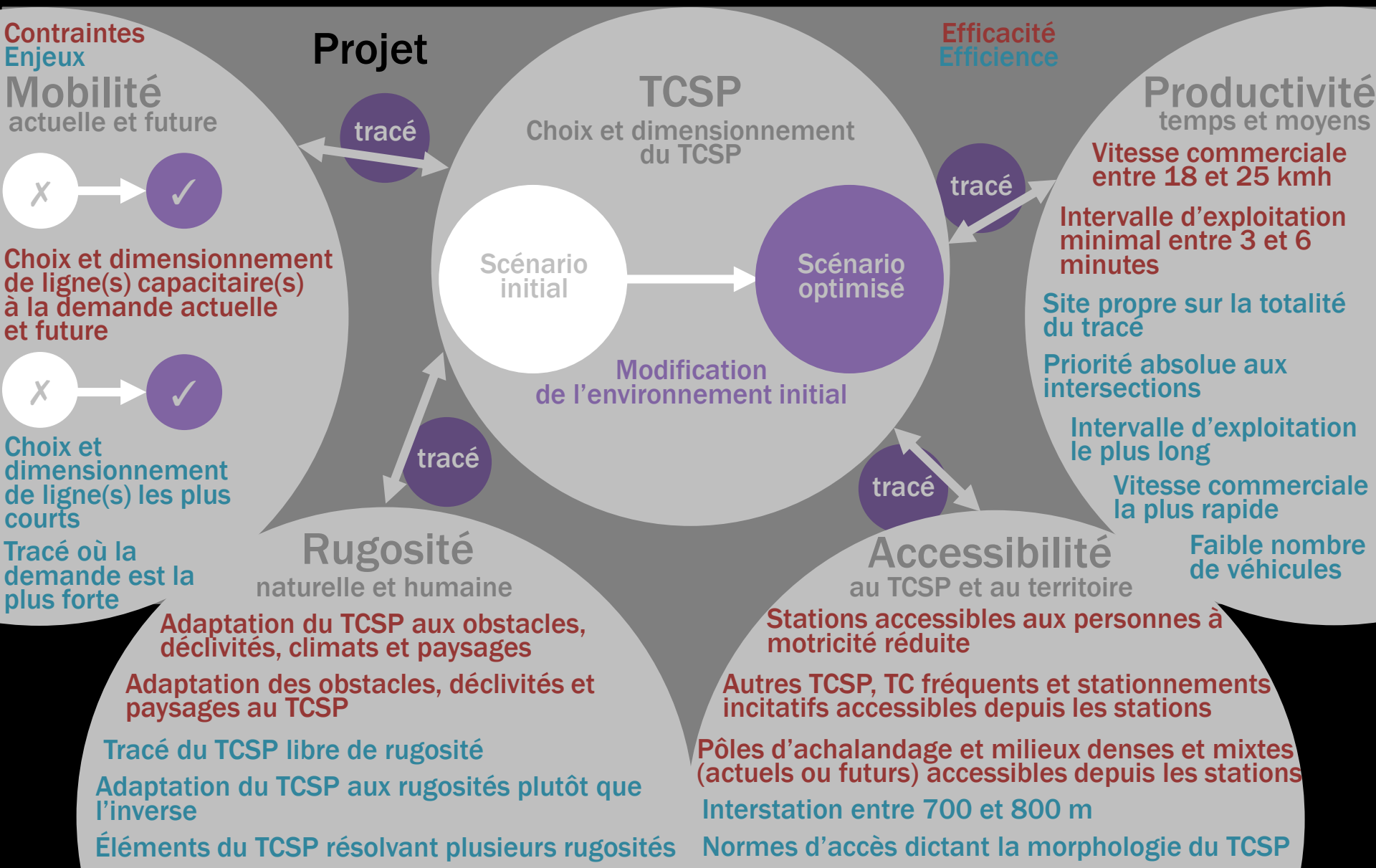
Méthode

Processus d'optimisation



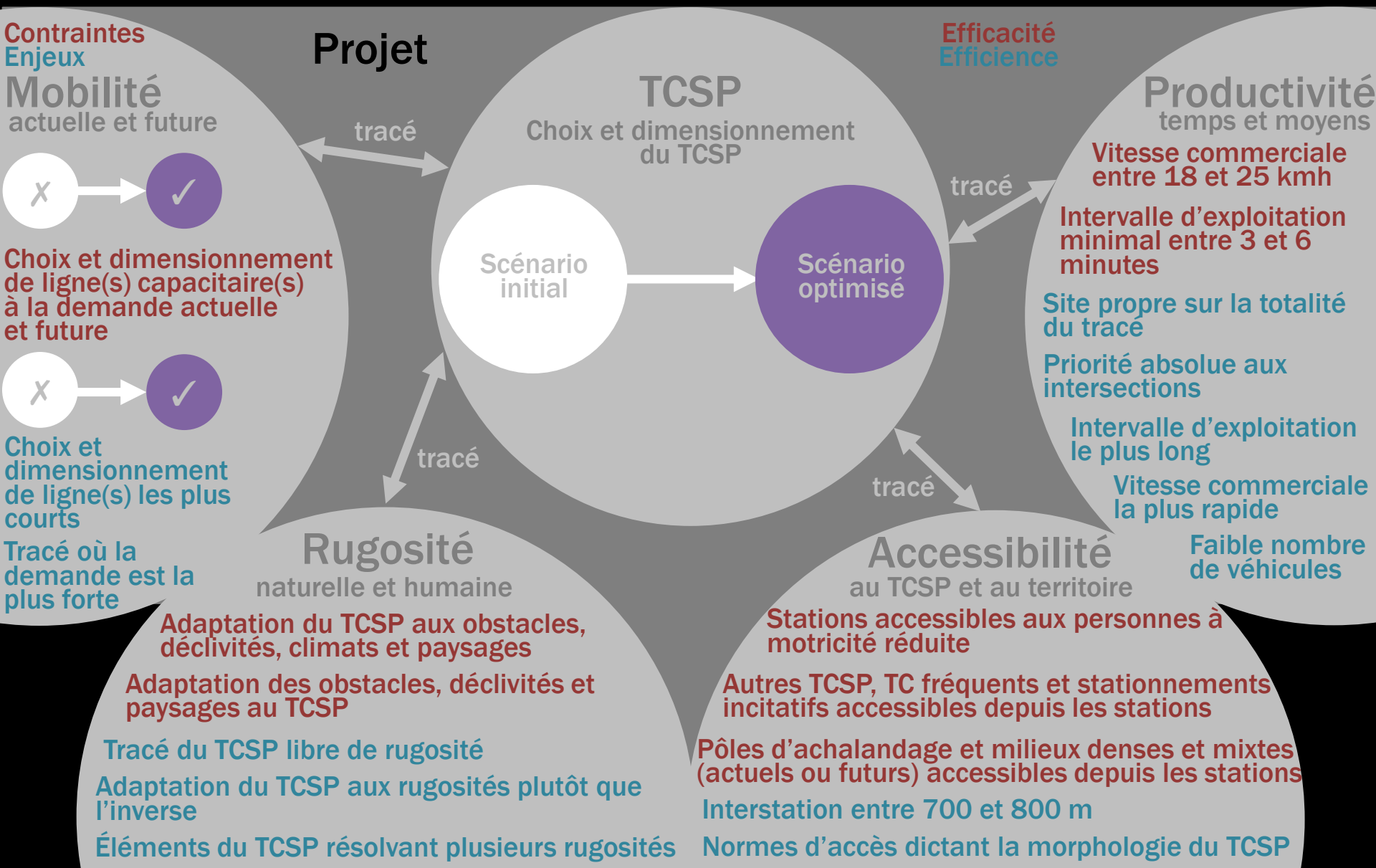
Méthode

Processus d'optimisation



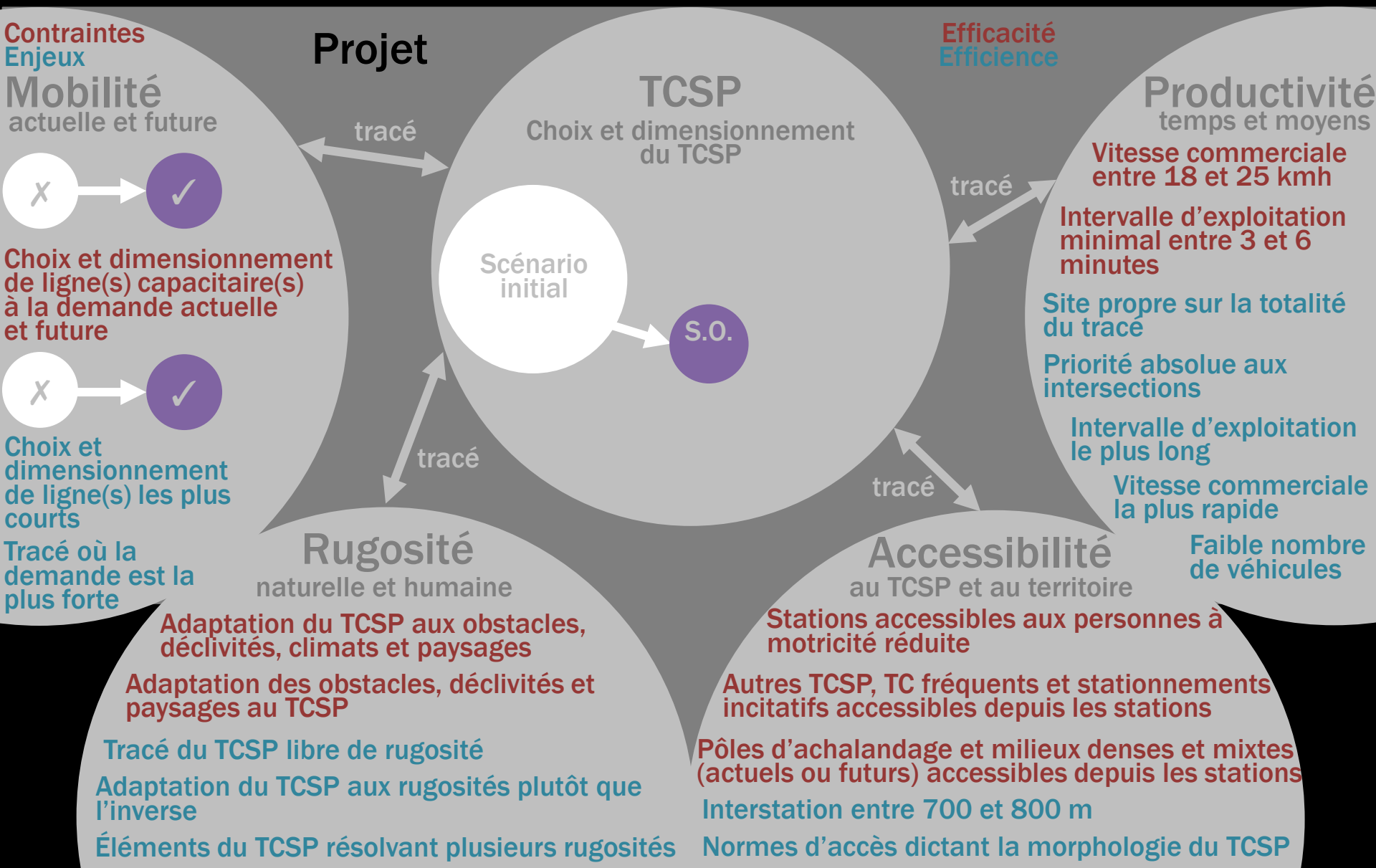
Méthode

Processus d'optimisation



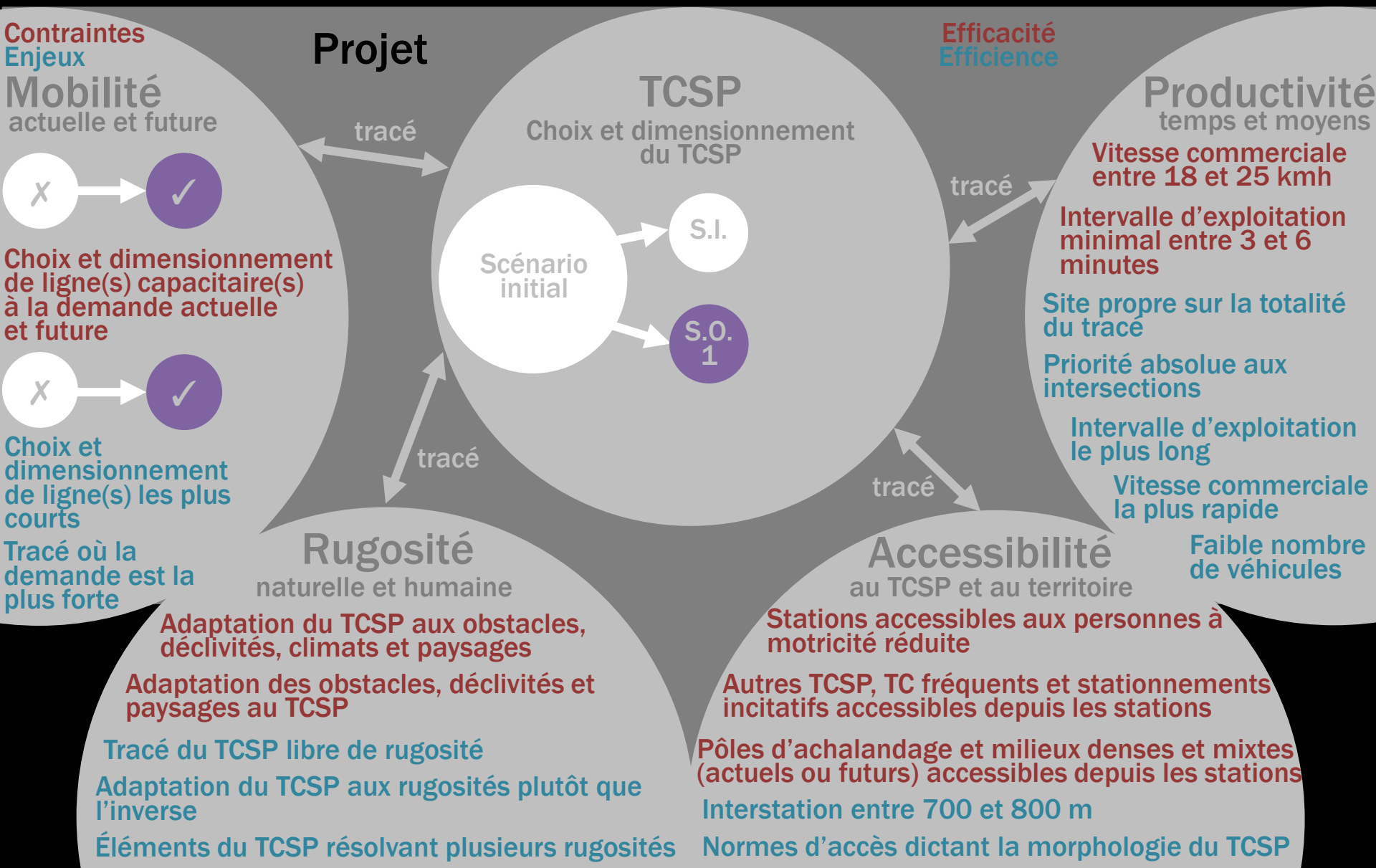
Méthode

Processus d'optimisation



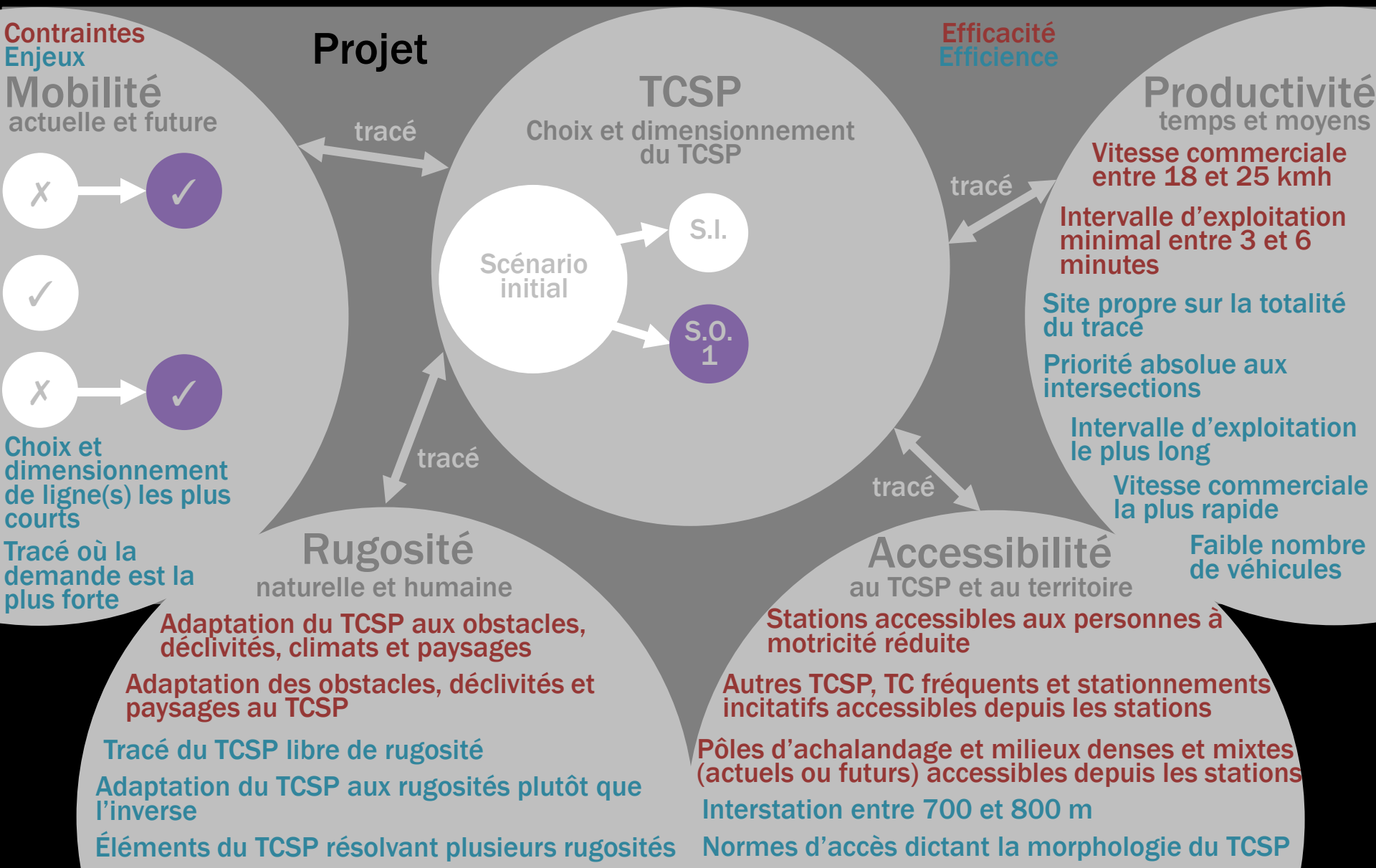
Méthode

Processus d'optimisation



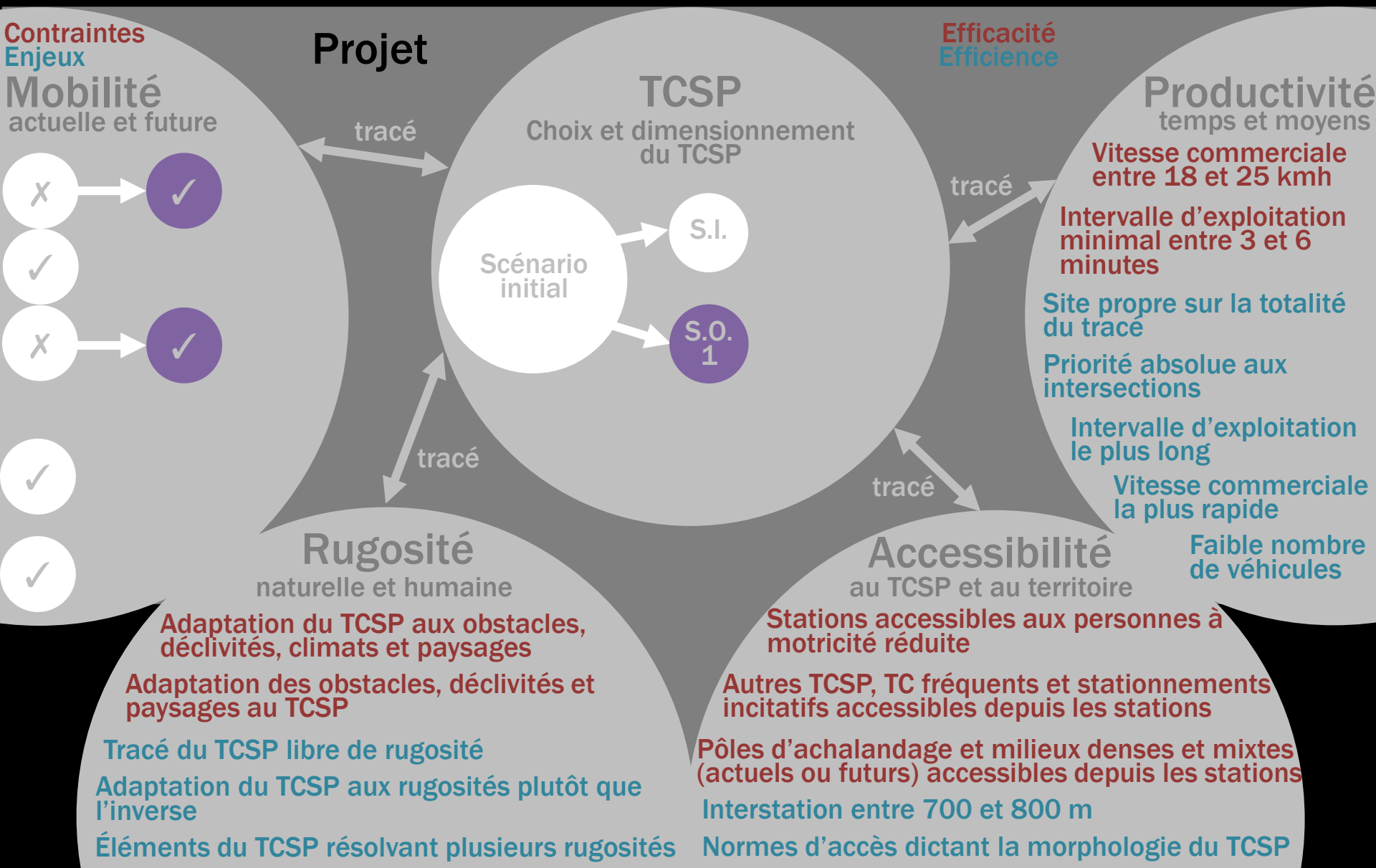
Méthode

Processus d'optimisation



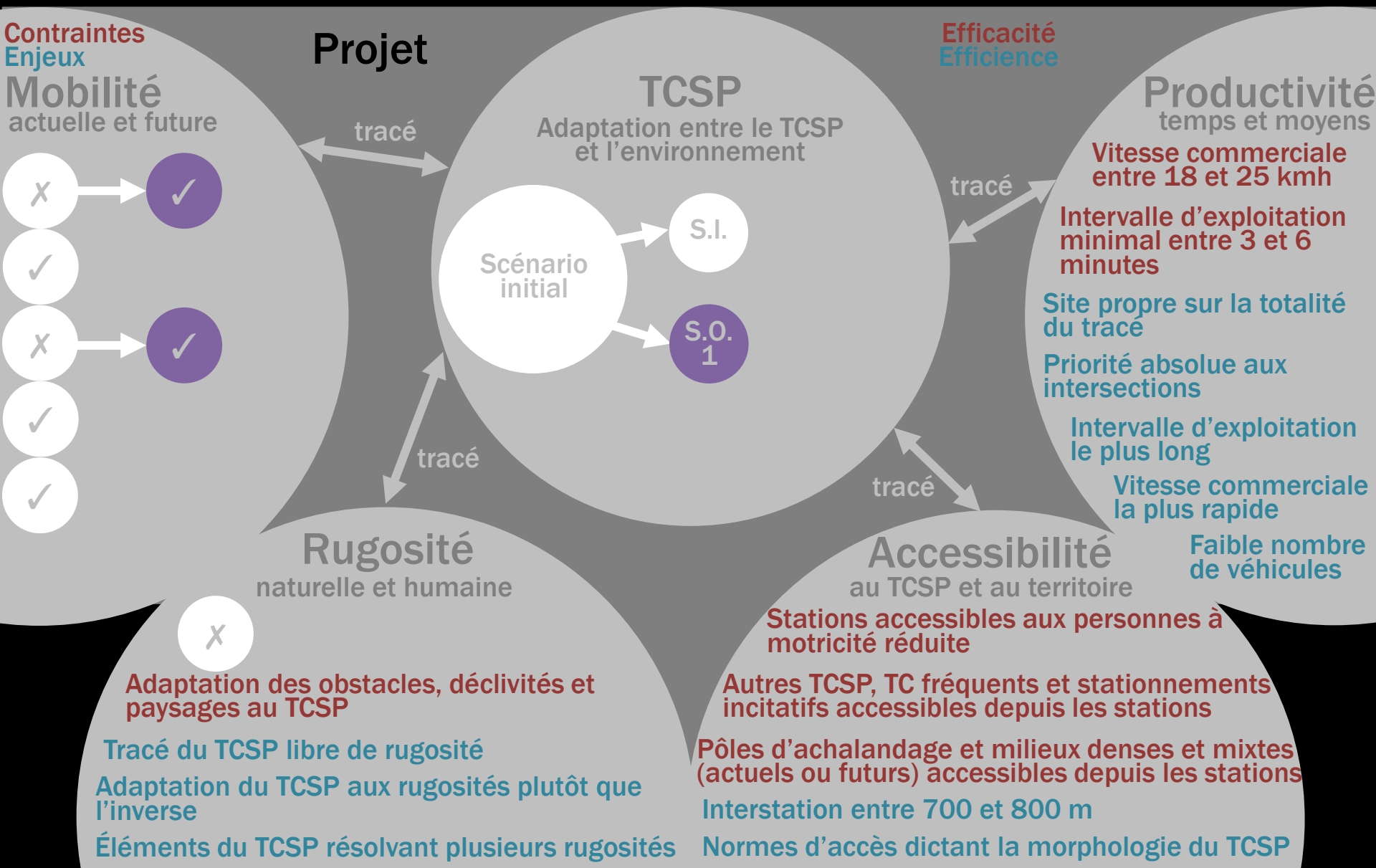
Méthode

Processus d'optimisation



Méthode

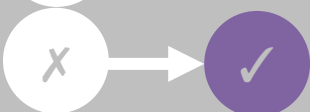
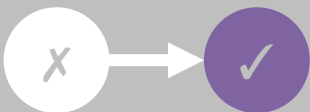
Processus d'optimisation



Projet

Contraintes
Enjeux

Mobilité
actuelle et future



Rugosité

naturelle et humaine

X

Adaptation des obstacles, déclivités et paysages au TCSP

Tracé du TCSP libre de rugosité

Adaptation du TCSP aux rugosités plutôt que l'inverse

Éléments du TCSP résolvant plusieurs rugosités

TCSP

Adaptation entre le TCSP et l'environnement

Scénario initial

S.I.

S.O.
1

Efficacité
Efficience

Productivité

temps et moyens

Vitesse commerciale
entre 18 et 25 kmh

Intervalle d'exploitation
minimal entre 3 et 6
minutes

Site propre sur la totalité
du tracé

Priorité absolue aux
intersections

Intervalle d'exploitation
le plus long

Vitesse commerciale
la plus rapide

Faible nombre
de véhicules

Accessibilité

au TCSP et au territoire

Stations accessibles aux personnes à
motricité réduite

Autres TCSP, TC fréquents et stationnements
incitatifs accessibles depuis les stations

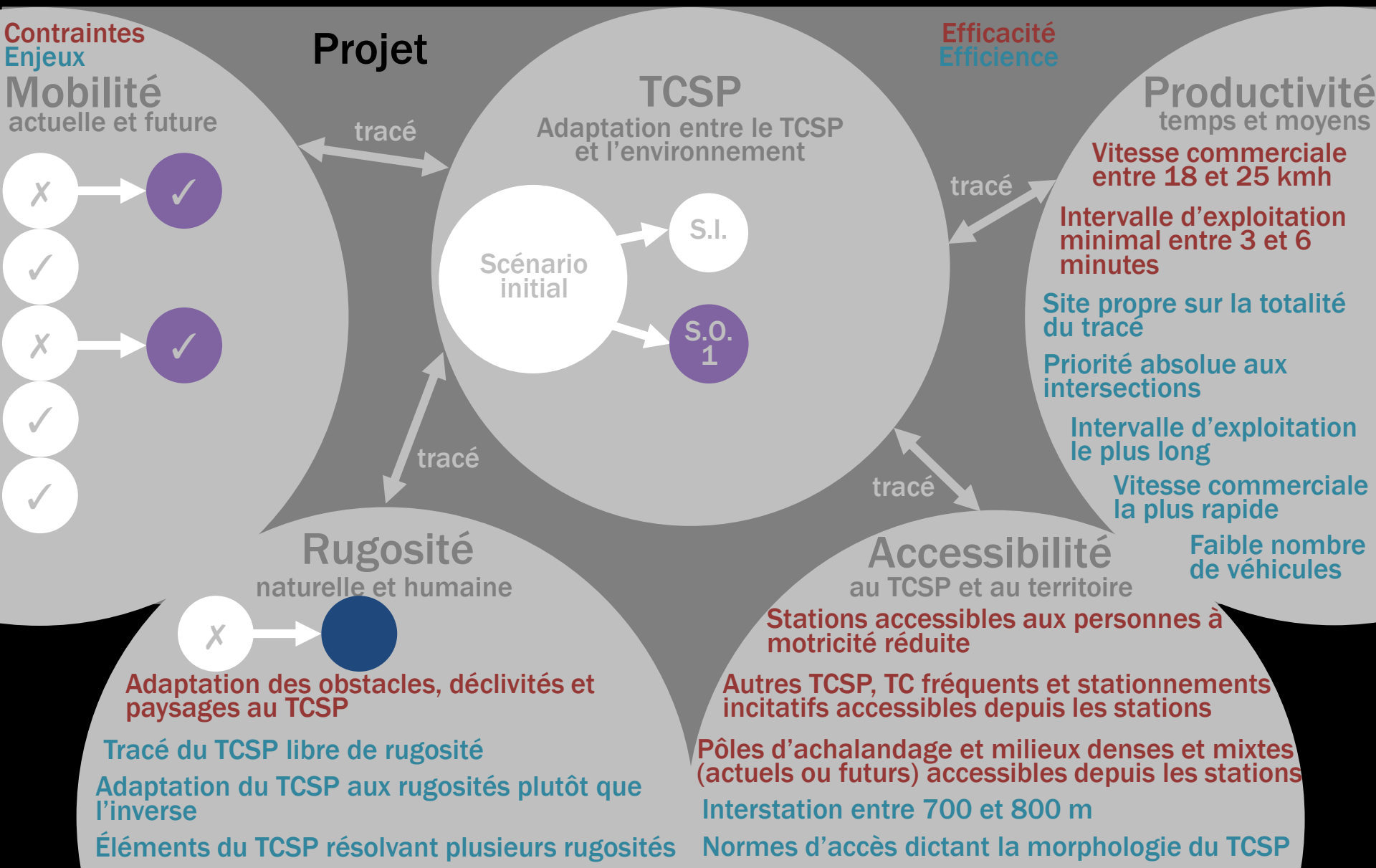
Pôles d'achalandage et milieux denses et mixtes
(actuels ou futurs) accessibles depuis les stations

Interstation entre 700 et 800 m

Normes d'accès dictant la morphologie du TCSP

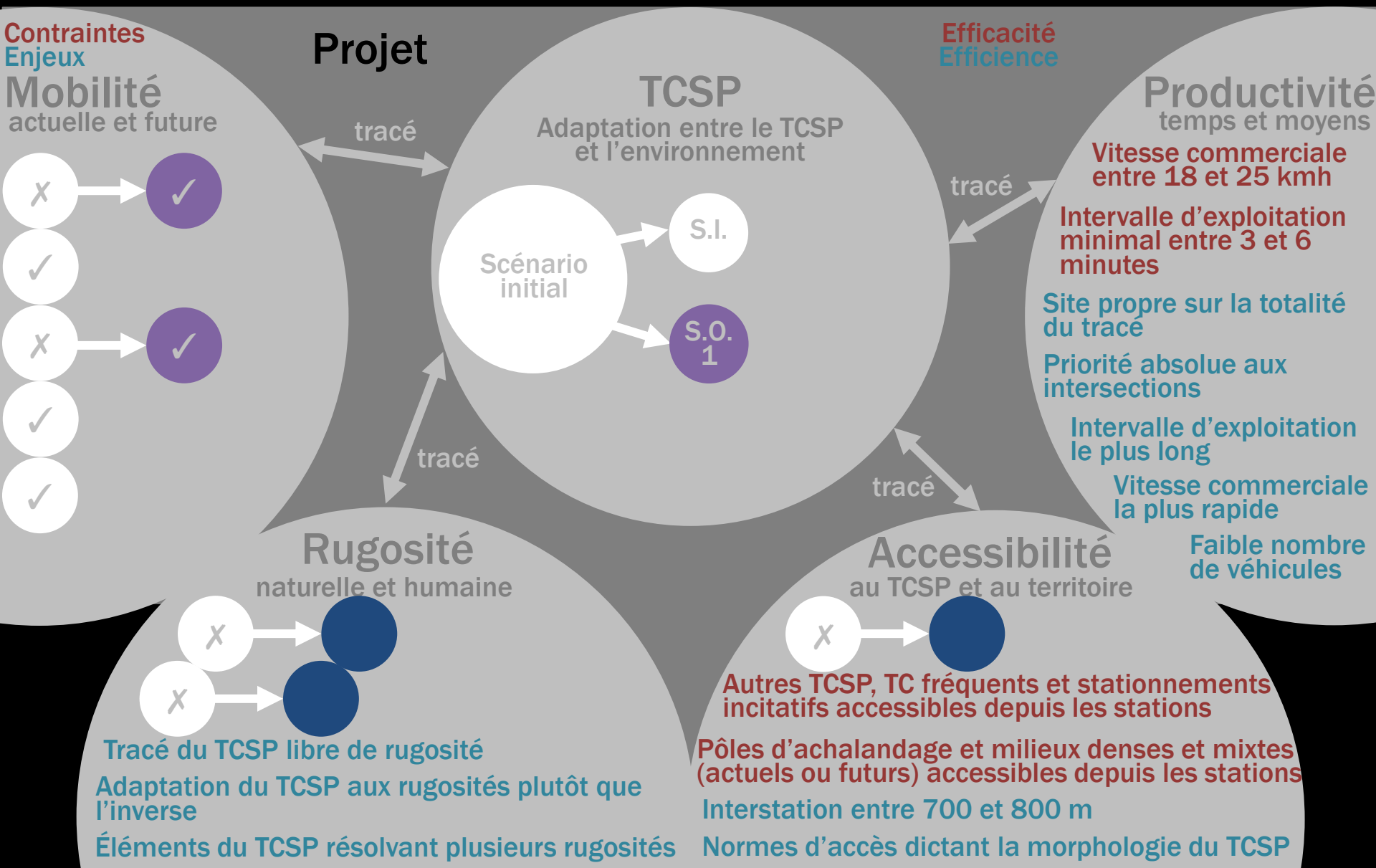
Méthode

Processus d'optimisation



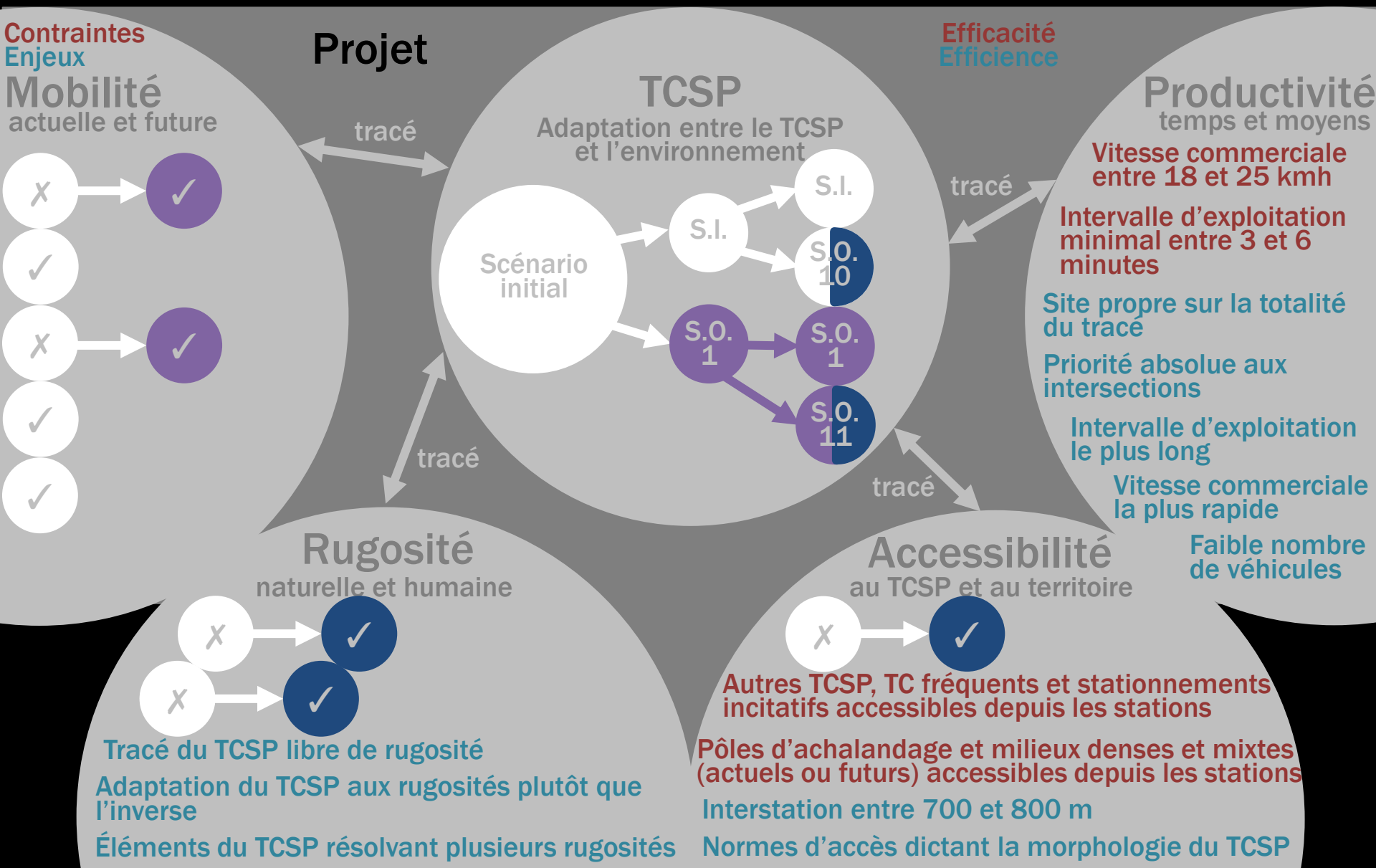
Méthode

Processus d'optimisation



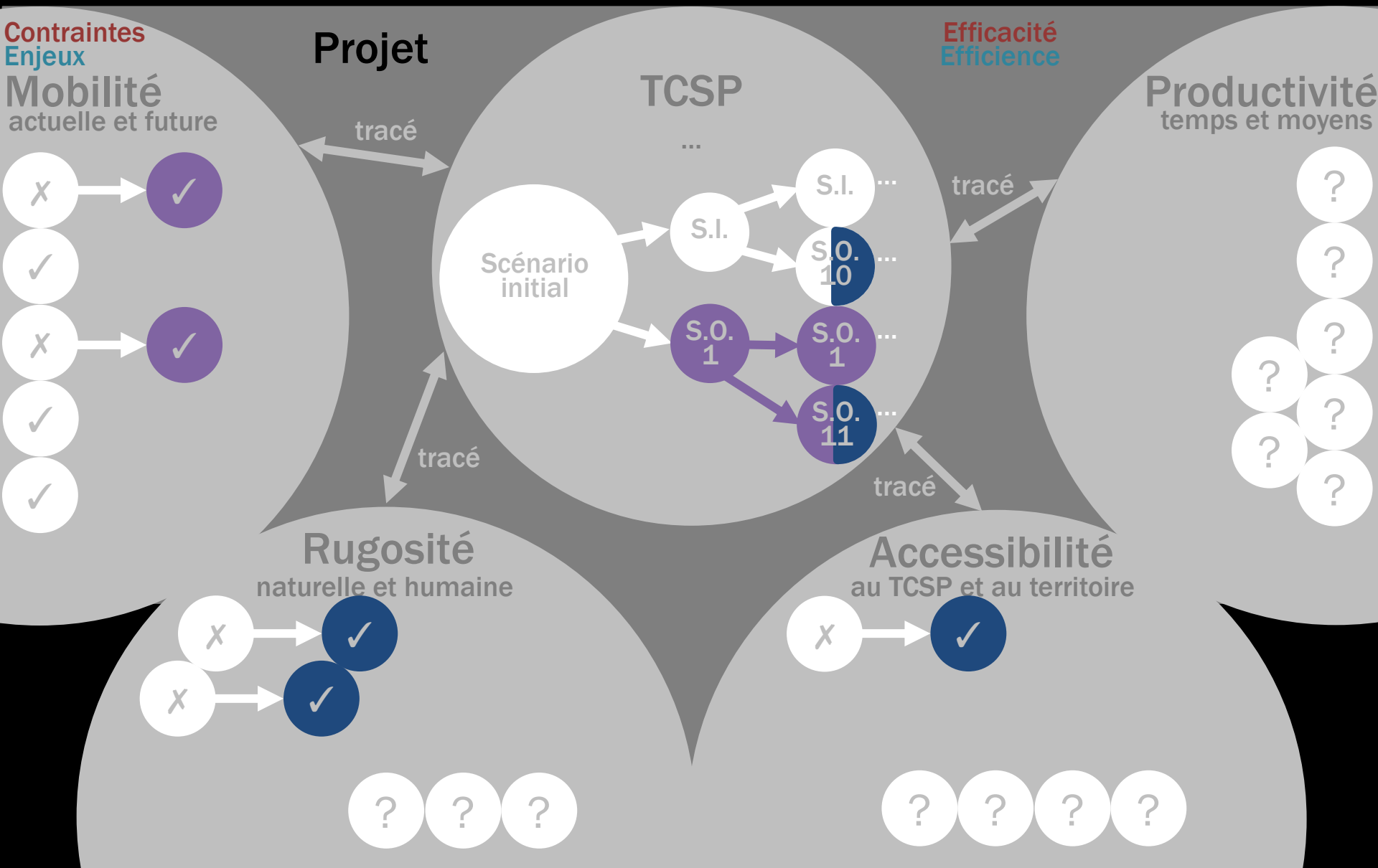
Méthode

Processus d'optimisation



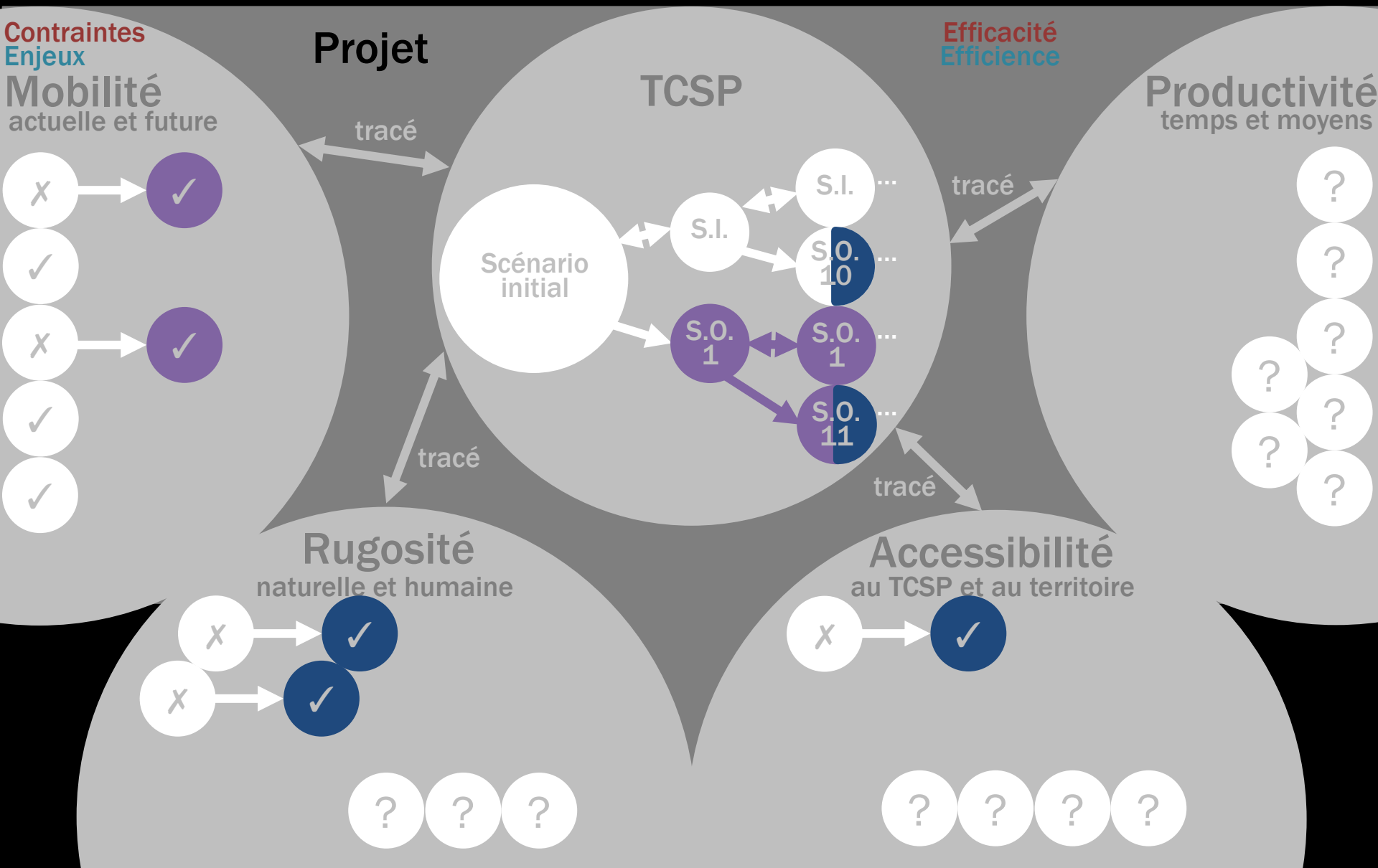
Méthode

Processus d'optimisation



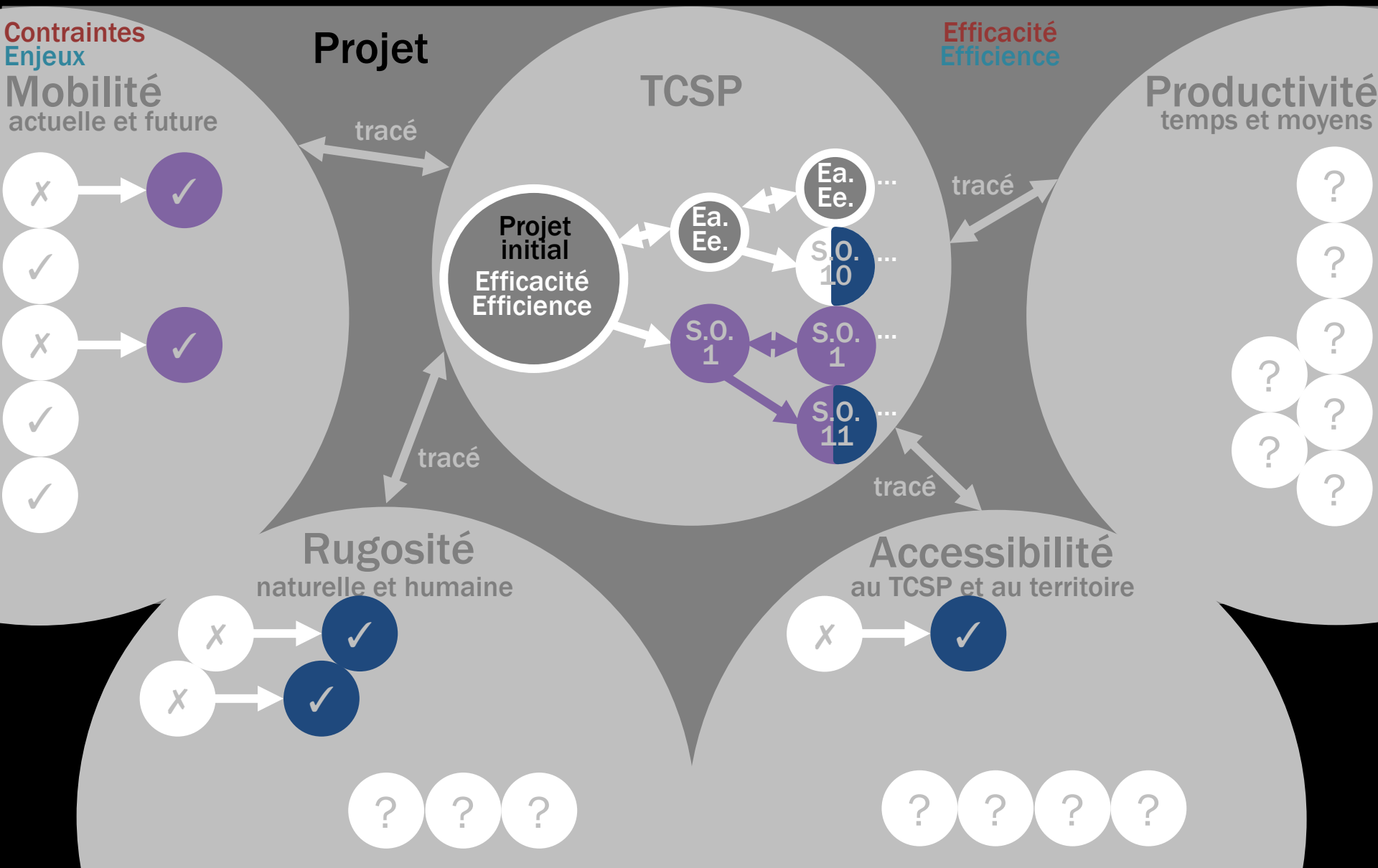
Méthode

Processus d'optimisation



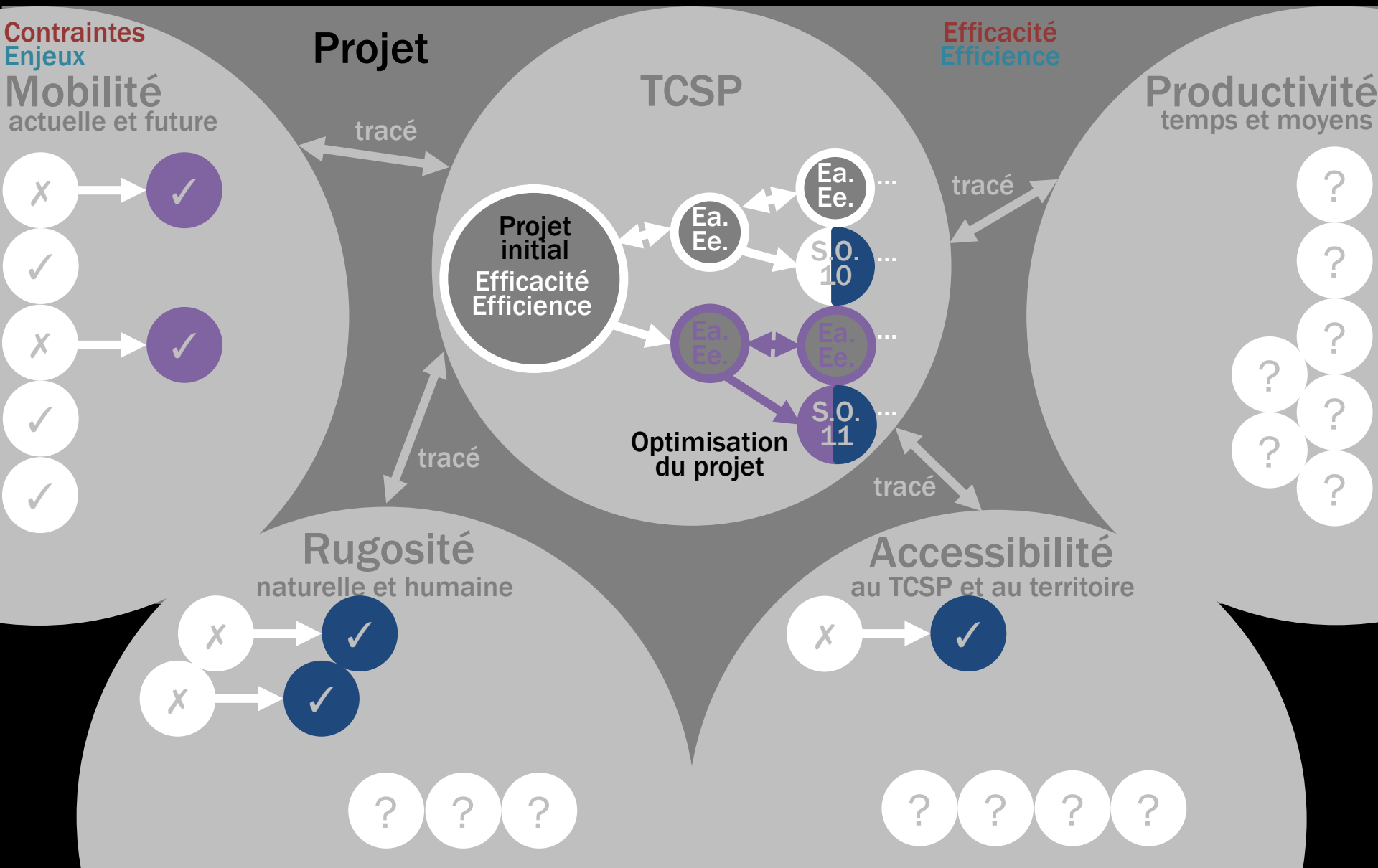
Méthode

Processus d'optimisation



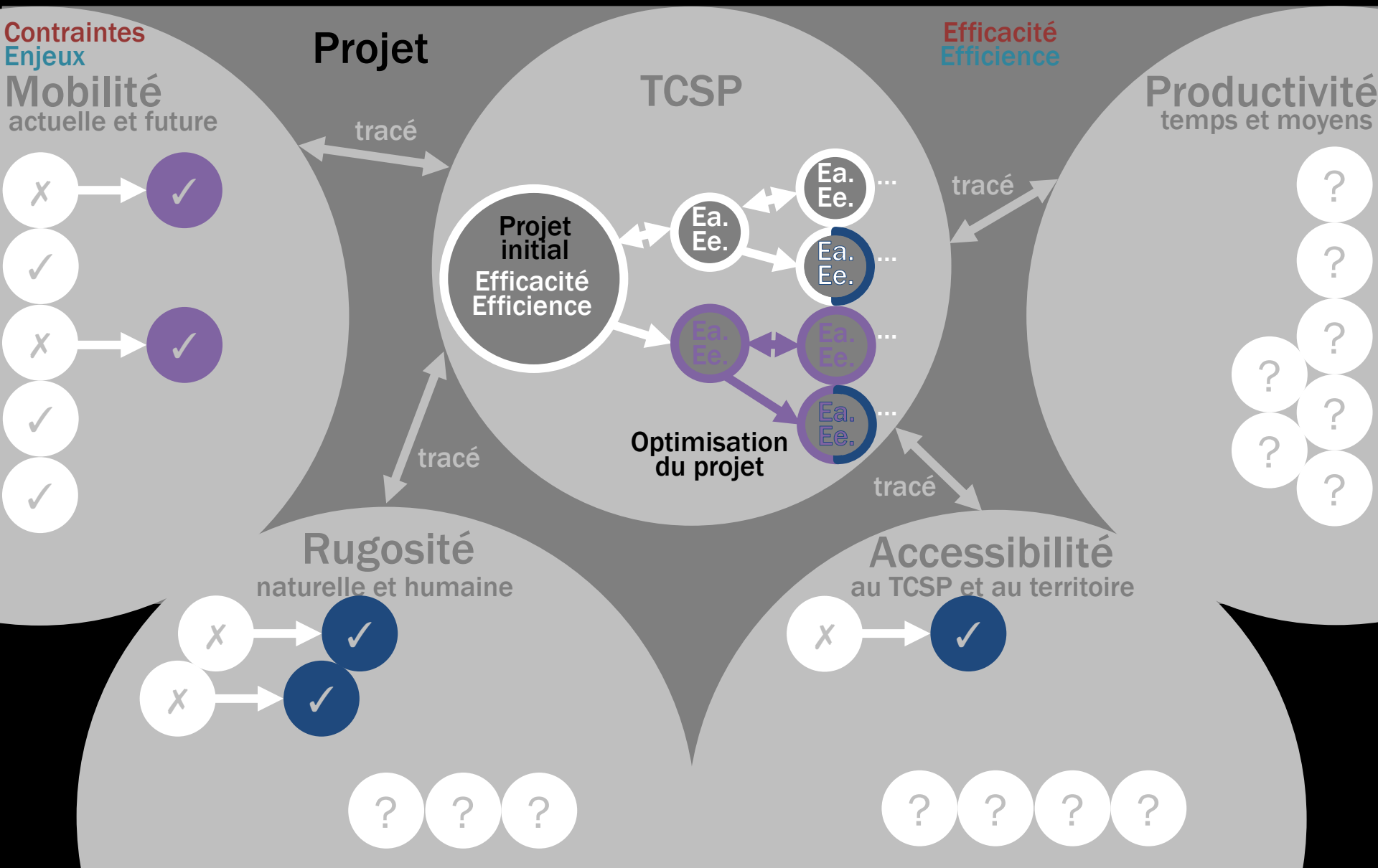
Méthode

Processus d'optimisation



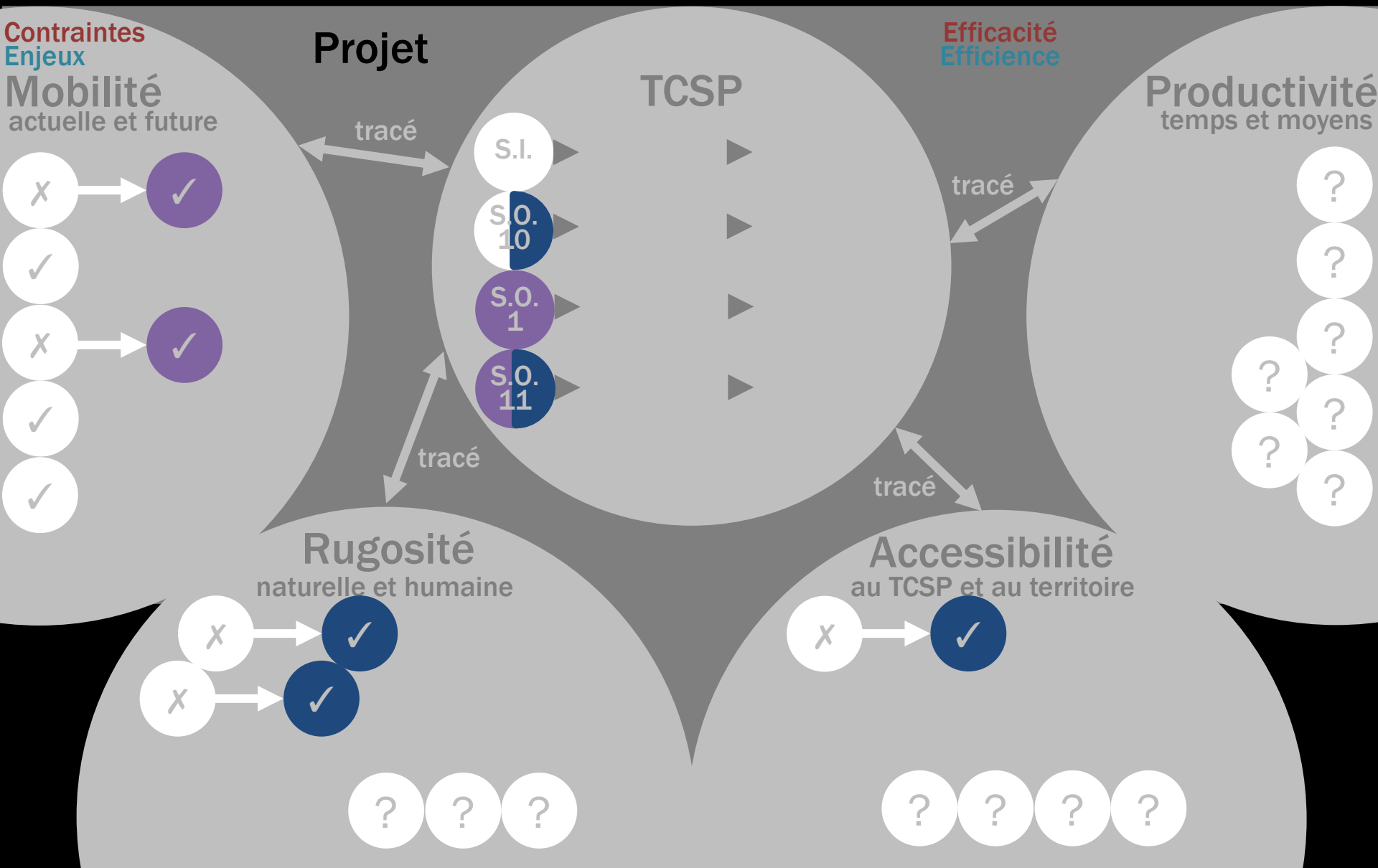
Méthode

Processus d'optimisation



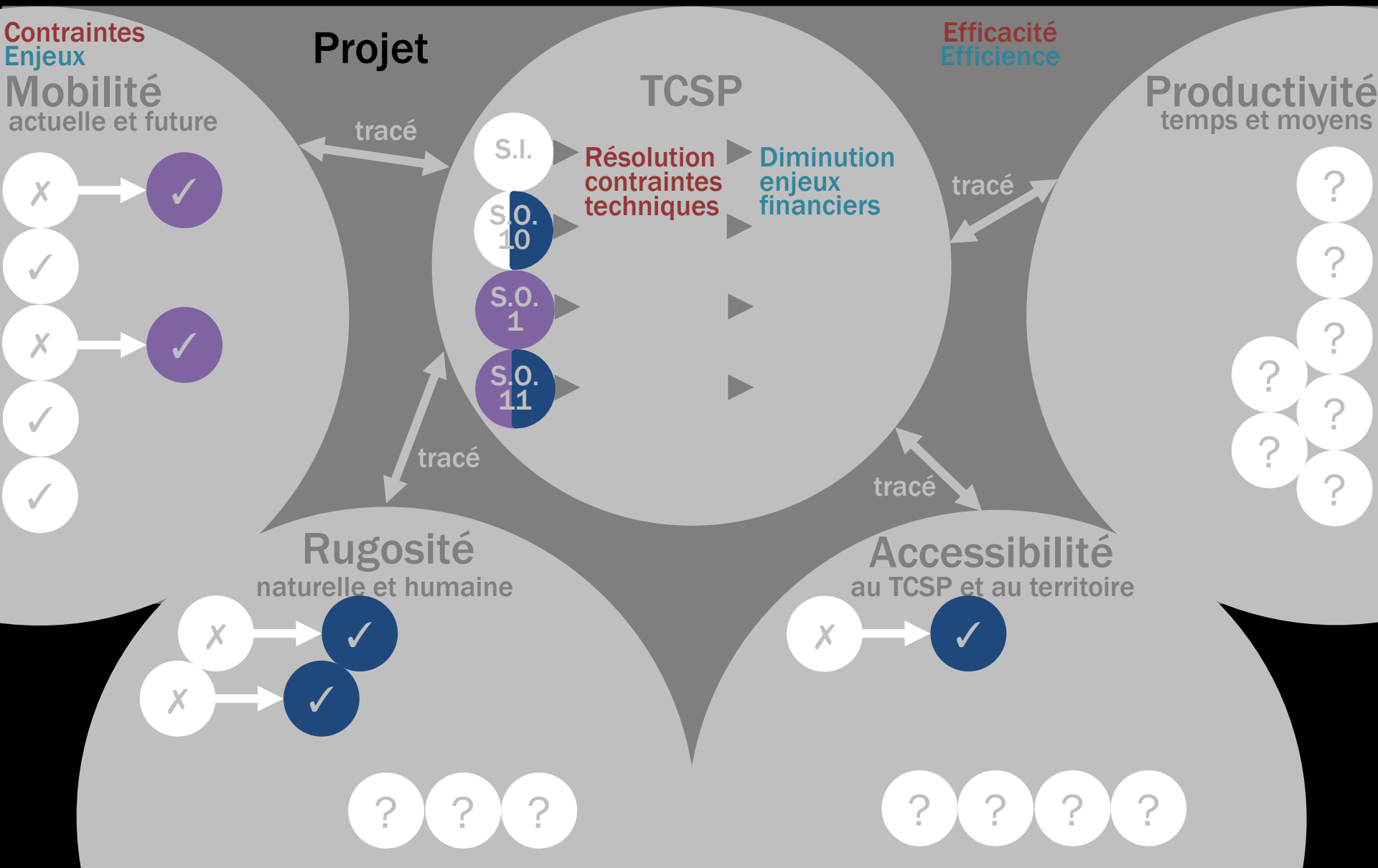
Méthode

Processus d'optimisation



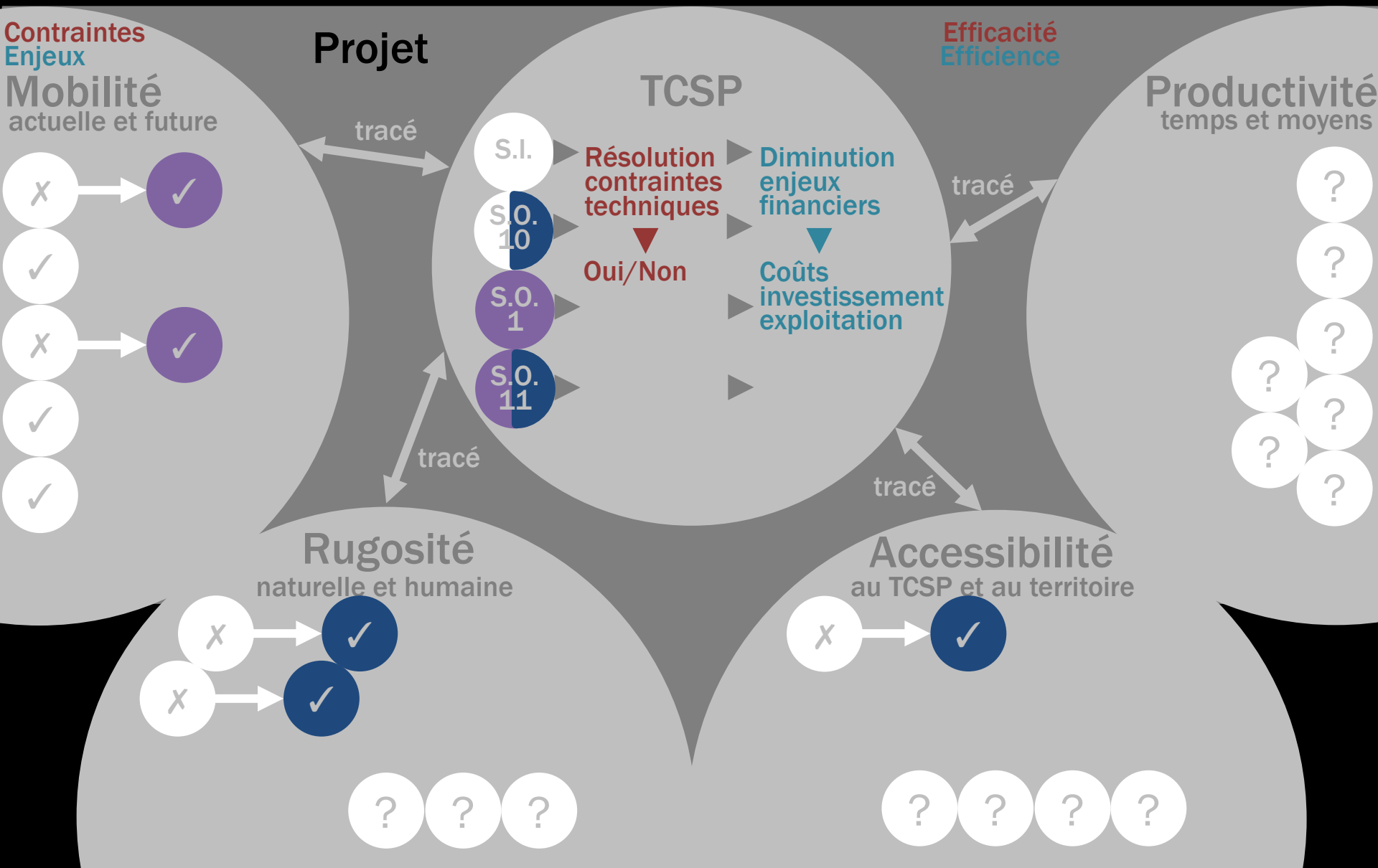
Méthode

Processus d'optimisation



Méthode

Processus d'optimisation de projet de TCSP



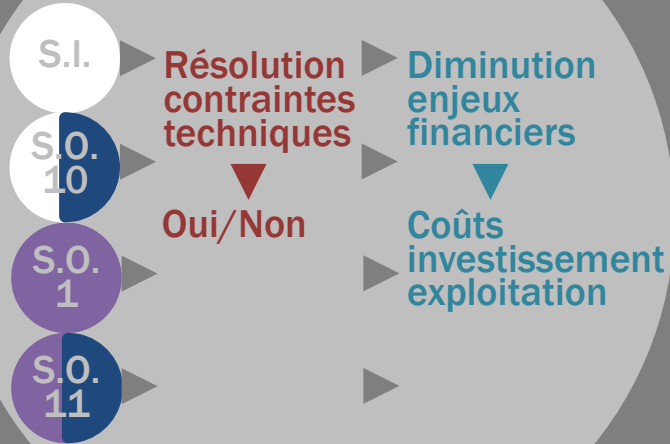
Méthode

Déroulement du projet

Projet

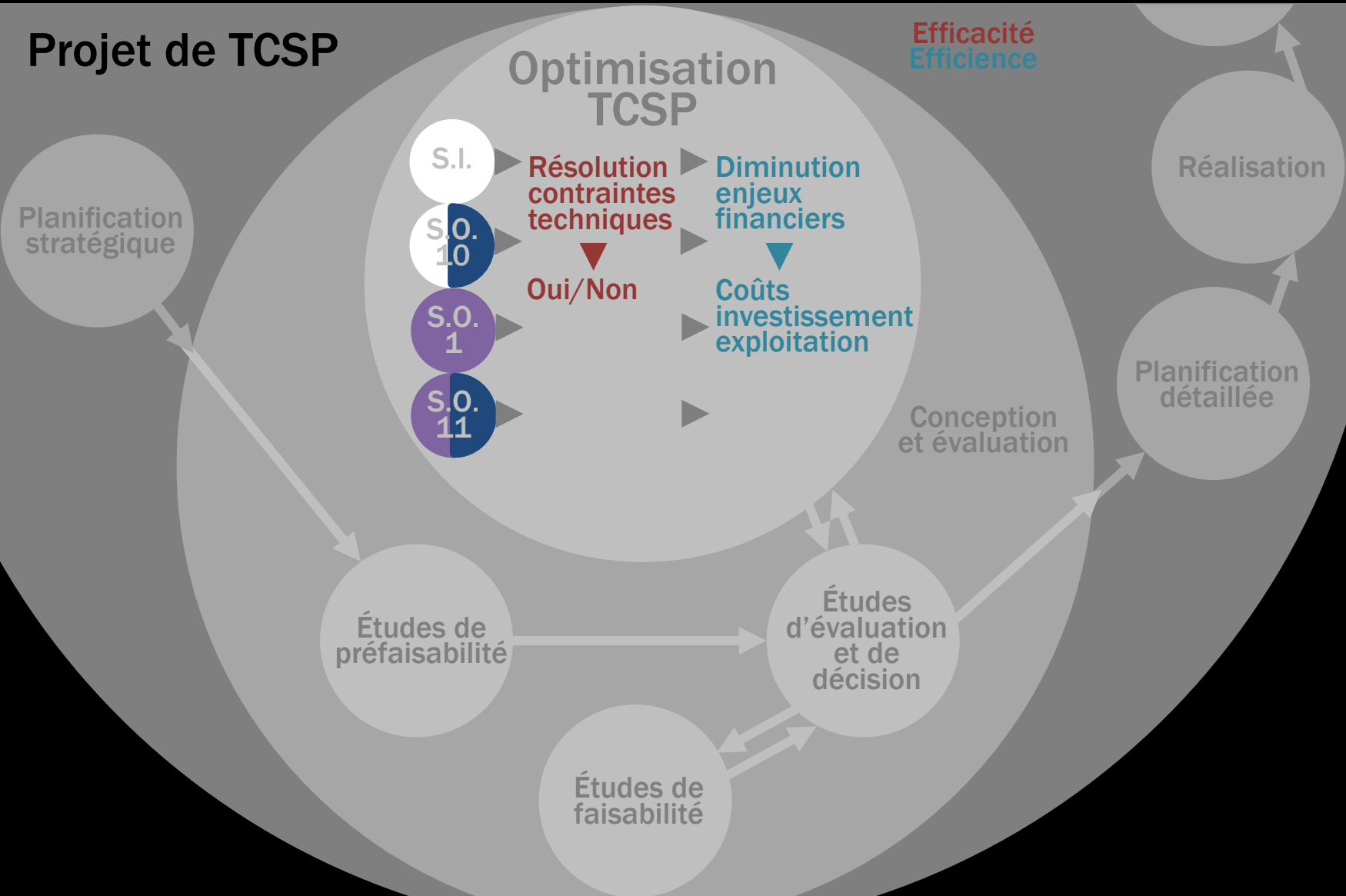
Efficacité
Efficience

TCSP



Méthode

Déroulement du projet



Application



Application

Choix et dimensionnement du TCSP

Mobilité

Choix et dimensionnement de mode(s) capacitaire(s) à la demande actuelle et future

Choix et dimensionnement du mode(s) les plus petits

Productivité

Intervalle d'exploitation minimal entre 3 et 6 minutes

Intervalle d'exploitation le plus long

Application

Choix et dimensionnement du TCSP

Mobilité

Choix et dimensionnement de mode(s) capacitaire(s) à la demande actuelle et future

Choix et dimensionnement du mode(s) les plus petits

Productivité

Intervalle d'exploitation minimal entre 3 et 6 minutes

Intervalle d'exploitation le plus long

Intervalle minimum d'exploitation (minutes)

Estimation d'achalandage 2024

(quart d'heure d'hyperpointe du matin)

Capacité selon le matériel roulant

(nombre de places assises + 4 passagers debout/m²)

Type de scénario	Charge cumulée maximale (passagers)	Autobus standard	Autobus articulé	Autobus bi-articulé	Tramway 30-35m	Tramway 45m
		80	112	150	204	319
Sans TCSP	358	3,4	4,7	6,3		
TCSP routier	561	2,1	3,0	4,0		
TCSP ferroviaire	638				4,8	7,5

Données d'achalandage : Genivar-Systra (2011), Vol.C3-1, p.5.

Application

Choix et dimensionnement du TCSP

Mobilité

Choix et dimensionnement de mode(s) capacitaire(s) à la demande actuelle et future

Choix et dimensionnement du mode(s) les plus petits

Productivité

Intervalle d'exploitation minimal entre 3 et 6 minutes

Intervalle d'exploitation le plus long

Intervalle minimum d'exploitation (minutes)

Estimation d'achalandage 2024 +25%
(quart d'heure d'hyperpointe du matin)

Capacité selon le matériel roulant

(nombre de places assises + 4 passagers debout/m²)

Type de scénario	Charge cumulée maximale (passagers)	Capacité selon le matériel roulant (nombre de places assises + 4 passagers debout/m ²)				
		Autobus standard 80	Autobus articulé 112	Autobus bi- articulé 150	Tramway 30-35m 204	Tramway 45m 319
Sans TCSP	448	2,7	3,8	5,0		
TCSP routier	701	1,7	2,4	3,2		
TCSP ferroviaire	798				3,8	6,0

Données d'achalandage : Genivar-Systra (2011), Vol.C3-1, p.5.

Mobilité

Choix et dimensionnement de ligne(s)
capacitaire(s) à la demande actuelle et
future

Choix et dimensionnement
de ligne(s) les plus courts

Tracé où la demande est la plus forte

Application

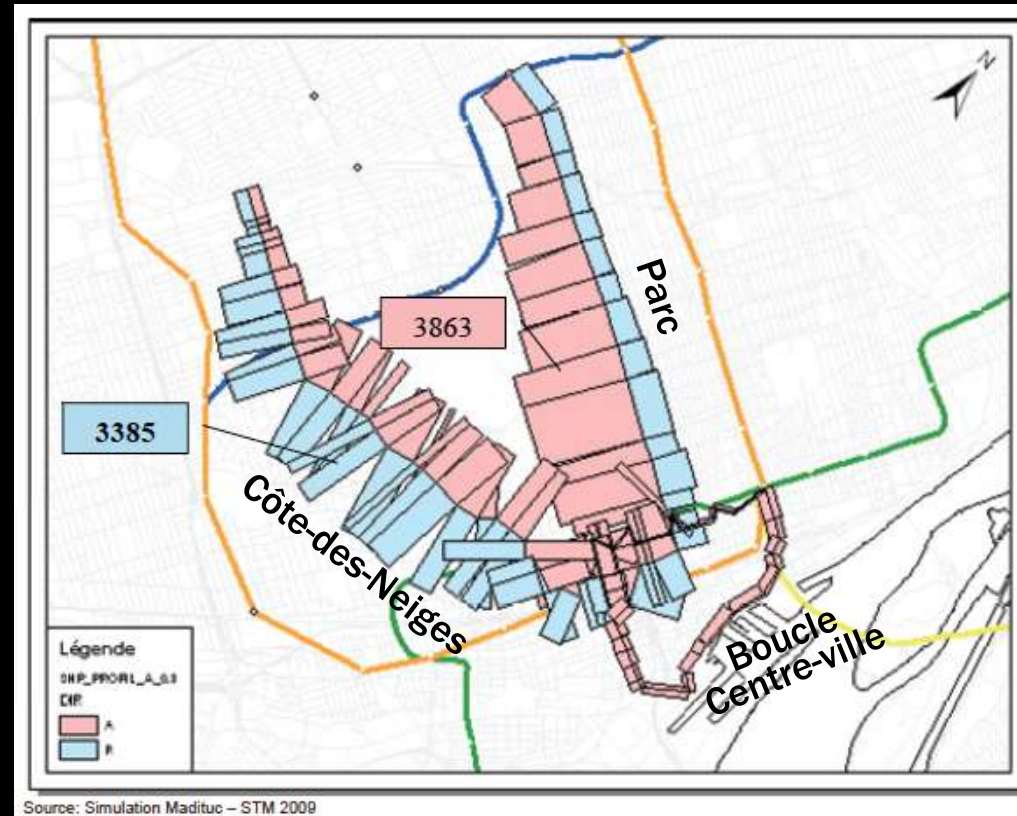
Choix et dimensionnement du TCSP

Mobilité

Choix et dimensionnement de ligne(s) capacitaire(s) à la demande actuelle et future

Choix et dimensionnement de ligne(s) les plus courts

Tracé où la demande est la plus forte



Simulation de l'achalandage du réseau initial
Serpent de charge, période de pointe du matin 2016
Genivar-Systra (2009), Vol.C3-2, p.15.

Charge cumulée maximale estimée à **4000**
Période de pointe du matin 2026
Genivar-Systra (2011), Vol.C3-1, p.5.

Application

Choix et dimensionnement du TCSP

Mobilité

Choix et dimensionnement de ligne(s) capacitaire(s) à la demande actuelle et future

Choix et dimensionnement de ligne(s) les plus courts

Tracé où la demande est la plus forte

Identification de la 1ère ligne

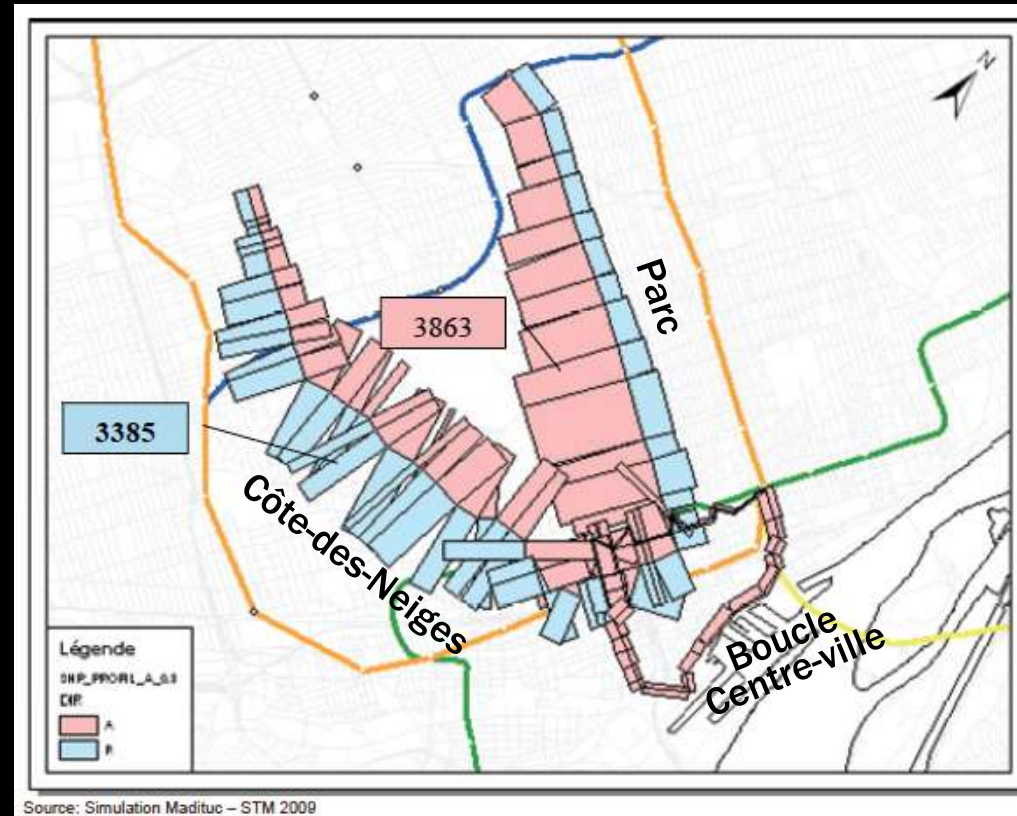
Côte-des-Neiges – Boucle Centre-ville :
Genivar-Systra (2009), Vol.C3-3.

- Desserte du Centre-ville et du Vieux-Montréal souhaité par le Plan de transport comme 1^{ère} ligne
- Achalandage insuffisant de la boucle du Centre-ville donc adjonction d'une des deux antennes
- Achalandage aller/retour de Côte-des-Neiges plus équilibré que Parc

Achalantage de la ligne d'autobus 715

Par sens et par jour : 450

Tracé similaire à la Boucle Centre-ville
CCMM (2012), p.28.



Simulation de l'achalandage du réseau initial
Serpent de charge, période de pointe du matin 2016
Genivar-Systra (2009), Vol.C3-2, p.15.

Charge cumulée maximale estimée à **4000**
Période de pointe du matin 2026
Genivar-Systra (2011), Vol.C3-1, p.5.

Application

Scénarios d'optimisation

Tracé

1 scénario

Scénario
initial

Application

Scénarios d'optimisation

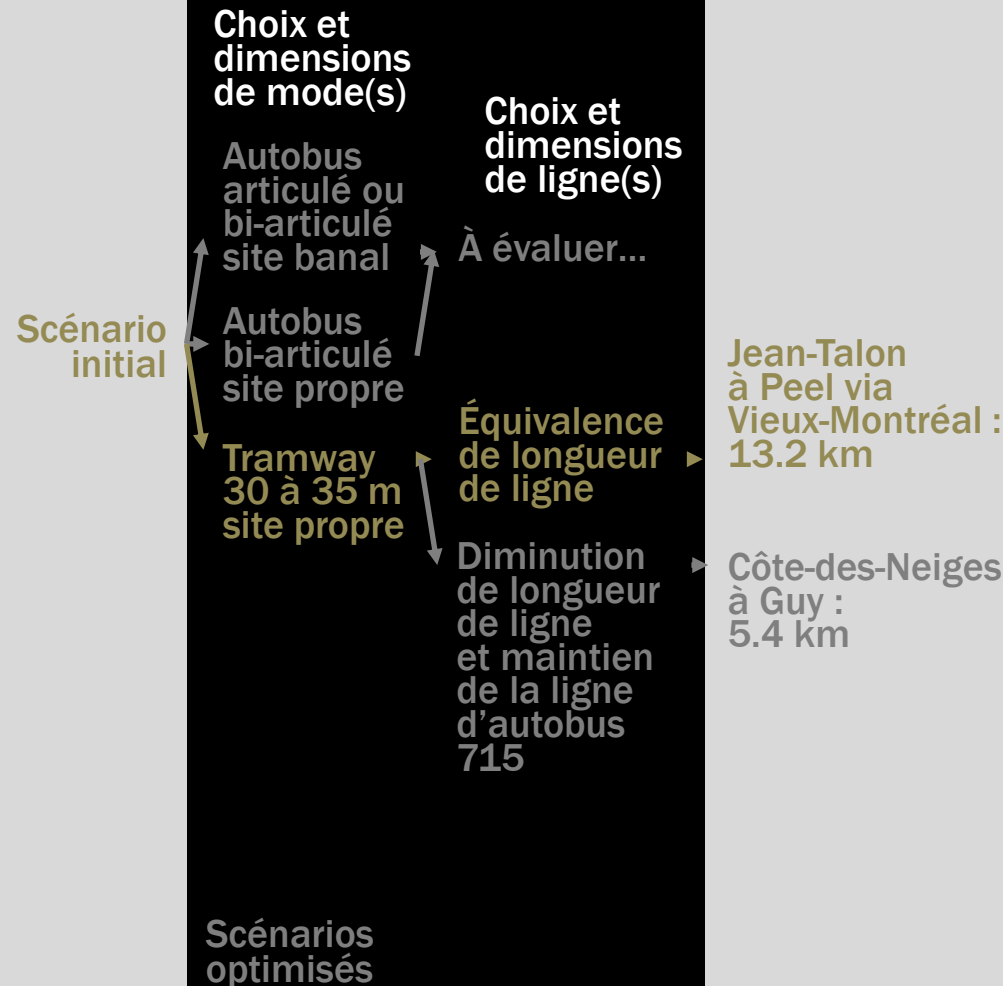
Tracé

1 scénario

Mobilité

Tracé

2 scénarios



Rugosité

Adaptation du TCSP aux obstacles, déclivités, climats et paysages

Adaptation des obstacles, déclivités et paysages au TCSP

Tracé du TCSP libre de rugosité

Adaptation du TCSP aux rugosités plutôt que l'inverse

Éléments du TCSP résolvant plusieurs rugosités

Application

Adaptation entre le TCSP et l'environnement

Rugosité

Adaptation du TCSP aux obstacles, déclivités, climats et paysages

Adaptation des obstacles, déclivités et paysages au TCSP

Tracé du TCSP libre de rugosité

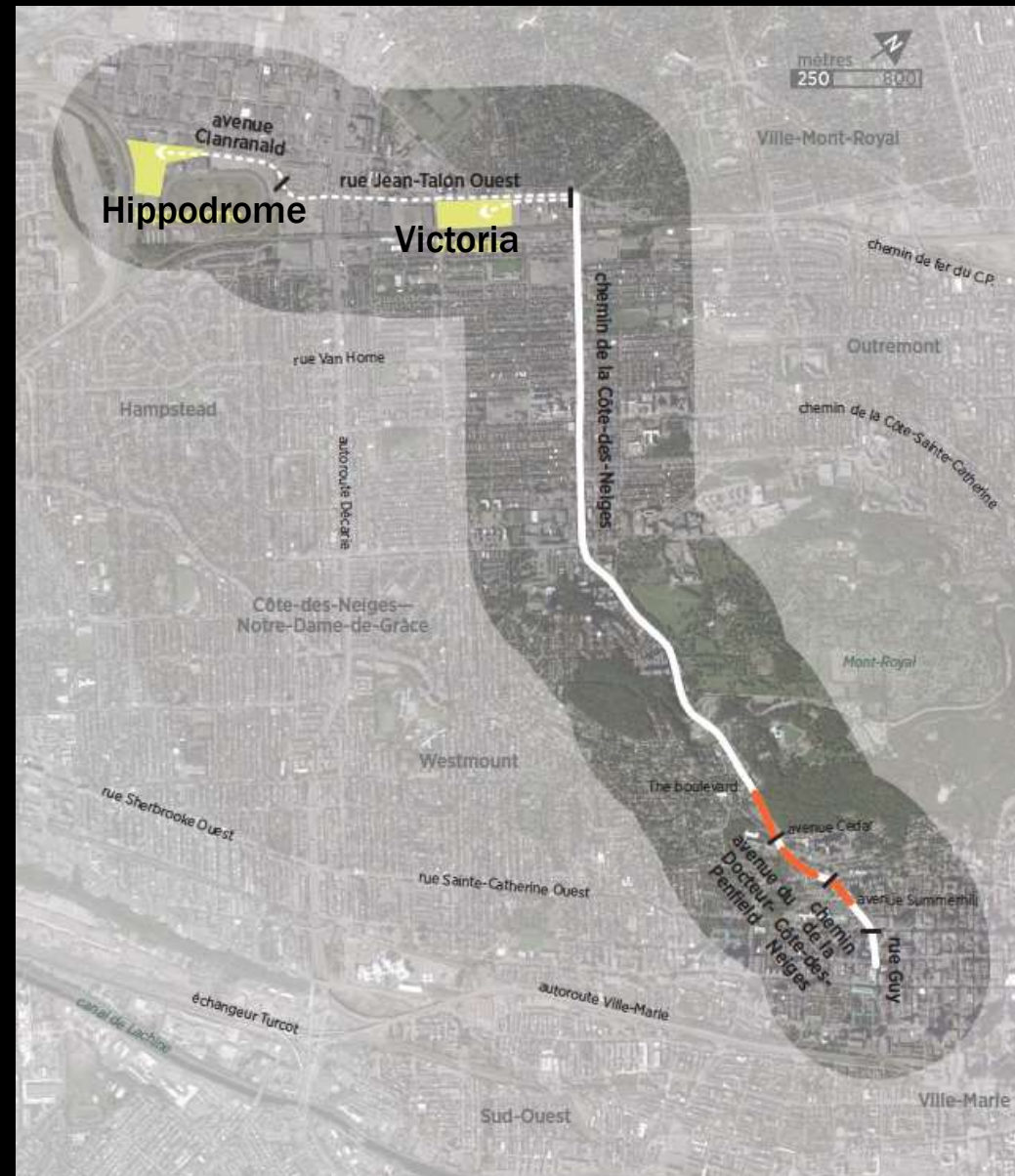
Adaptation du TCSP aux rugosités plutôt que l'inverse

Éléments du TCSP résolvant plusieurs rugosités

Localisations possibles de l'atelier-dépôt

Genivar-Systra (2011), Vol.B2 et (C6)

- Victoria : expropriations 70M\$ et démolitions 9 M\$
- Hippodrome : terrain appartenant au Gouvernement du Québec



Application

Adaptation entre le TCSP et l'environnement

Rugosité

Adaptation du TCSP aux obstacles, déclivités, climats et paysages

Adaptation des obstacles, déclivités et paysages au TCSP

Tracé du TCSP libre de rugosité

Adaptation du TCSP aux rugosités plutôt que l'inverse

Éléments du TCSP résolvant plusieurs rugosités

Localisations possibles de l'atelier-dépôt

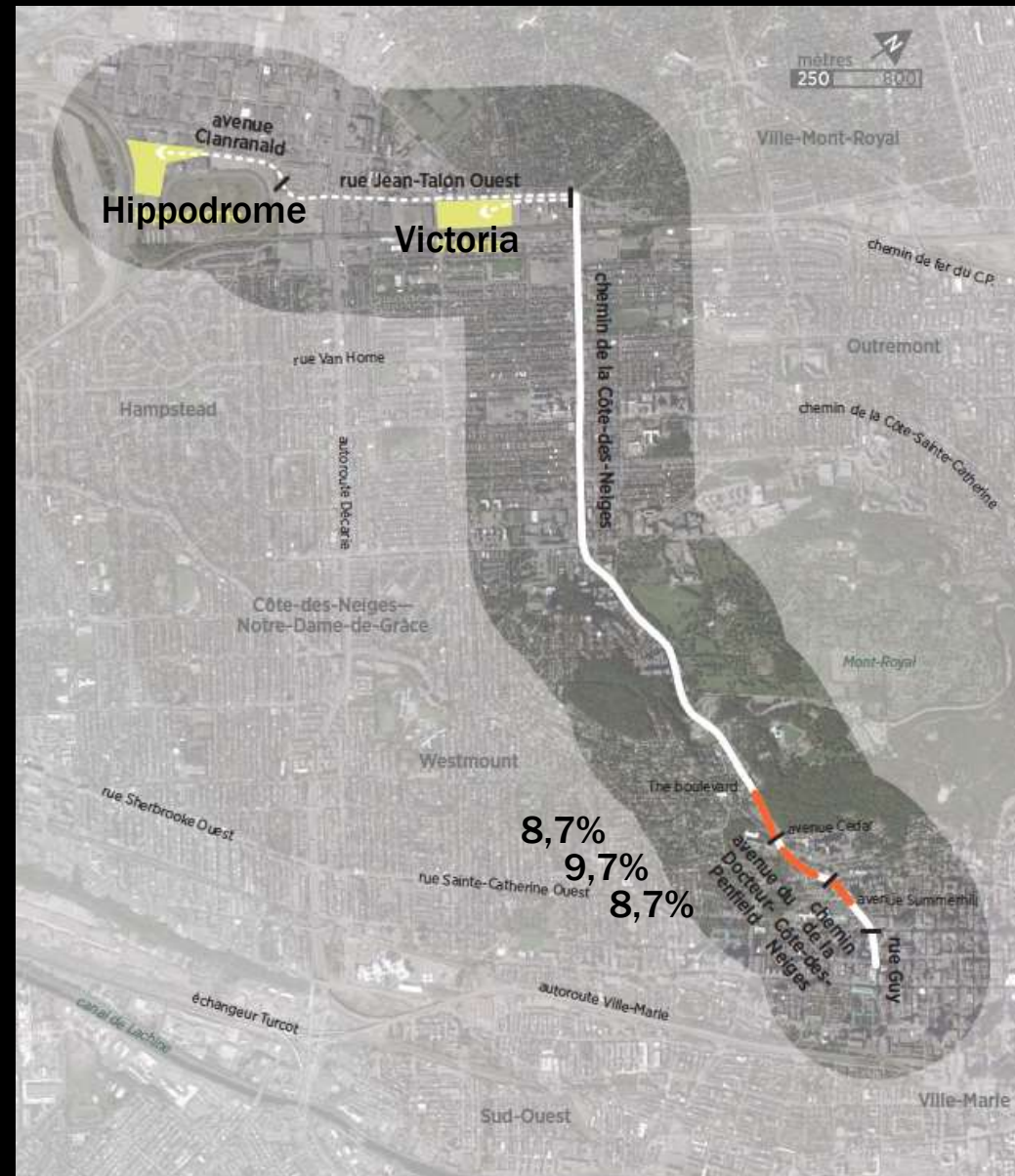
Genivar-Systra (2011), Vol.B2 et (C6)

- Victoria : expropriations 70M\$ et démolitions 9 M\$
- Hippodrome : terrain appartenant au Gouvernement du Québec

Déclivités et climat

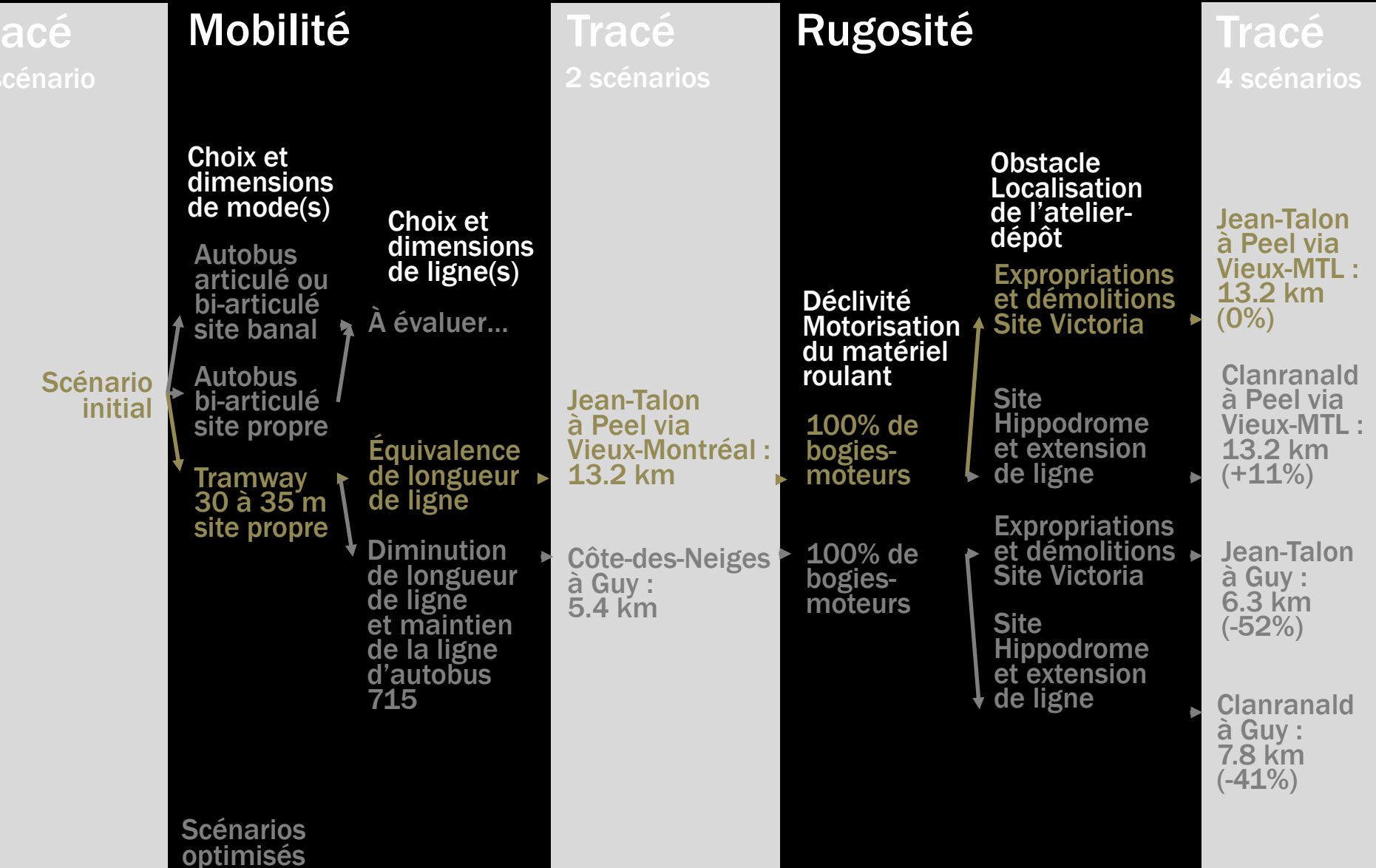
Genivar-Systra (2011), Vol.F1.

- Tramway à bogies 100% motorisées peut gravir des pentes jusqu'à 11,5%
- Modalités spécifiques d'exploitation à assurer en période hivernale



Application

Scénarios d'optimisation



Accessibilité

Stations accessibles aux personnes à motricité réduite

Interstation entre 700 et 800 m

Normes d'accès dictant la morphologie du TCSP

Application

Conception et localisation des stations

Accessibilité

Stations accessibles aux personnes à motricité réduite

Interstation entre 700 et 800 m

Normes d'accès dictant la morphologie du TCSP

Interstation 400-500m ou 700-800m



Application

Conception et localisation des stations

Accessibilité

Stations accessibles aux personnes à motricité réduite

Interstation entre 700 et 800 m

Normes d'accès dictant la morphologie du TCSP

Interstation 400-500m ou 700-800m

Accès à l'Hôpital Général



Image WAA-AP

Application

Conception et localisation des stations

Accessibilité

Stations accessibles aux personnes à motricité réduite

Interstation entre 700 et 800 m

Normes d'accès dictant la morphologie du TCSP

Interstation 400-500m ou 700-800m

Accès à l'Hôpital Général

Genivar-Systra (2011), Vol.B2, C5 et D1

- Station Des Pins en surface
- Accès hôpital par le sud
- Station à déclivité supérieure à 2% ne respectant pas les normes d'inclusion aux personnes à motricité réduite



Application

Conception et localisation des stations

Accessibilité

Stations accessibles aux personnes à motricité réduite

Interstation entre 700 et 800 m

Normes d'accès dictant la morphologie du TCSP

Interstation 400-500m ou 700-800m

Accès à l'Hôpital Général

Genivar-Systra (2011), Vol.B2, C5 et D1

- Station Des Pins en surface
- Accès hôpital par le sud
- Station à déclivité supérieure à 2% ne respectant pas les normes d'inclusion aux personnes à motricité réduite
- Station Des Pins en tunnel
- Accès hôpital par le sud
- Station à déclivité inférieure à 2%
- Tunnel sous Côte-des-Neiges, du chemin McDougall à Des Pins
- Surcoût de 102M\$



Application

Conception et localisation des stations

Accessibilité

Stations accessibles aux personnes à motricité réduite

Interstation entre 700 et 800 m

Normes d'accès dictant la morphologie du TCSP

Interstation 400-500m ou 700-800m

Accès à l'Hôpital Général

Genivar-Systra (2011), Vol.B2, C5 et D1

- Station Des Pins en surface
- Accès hôpital par le sud
- Station à déclivité supérieure à 2% ne respectant pas les normes d'inclusion aux personnes à motricité réduite
- Station Des Pins en tunnel
- Accès hôpital par le sud
- Station à déclivité inférieure à 2%
- Tunnel sous Côte-des-Neiges, du chemin McDougall à Des Pins
- Surcoût de 102M\$
- Station Cedar en surface
- Accès hôpital par le nord
- Station à déclivité inf. ou égale à 2%
- Nivellement de McDougall et mur de soutènement (à vérifier)
- Surcoût de 42M\$ (à vérifier)



Application

Choix et dimensionnement du TCSP

Accessibilité

Pôles d'achalandage et milieux denses et mixtes (actuels ou futurs) accessibles depuis les stations

Application

Choix et dimensionnement du TCSP

Accessibilité

Pôles d'achalandage et milieux denses et mixtes (actuels ou futurs) accessibles depuis les stations

Secteur prioritaire de densification

Schéma d'aménagement de Montréal

- Aux alentours de tout le tracé

Secteur à construire

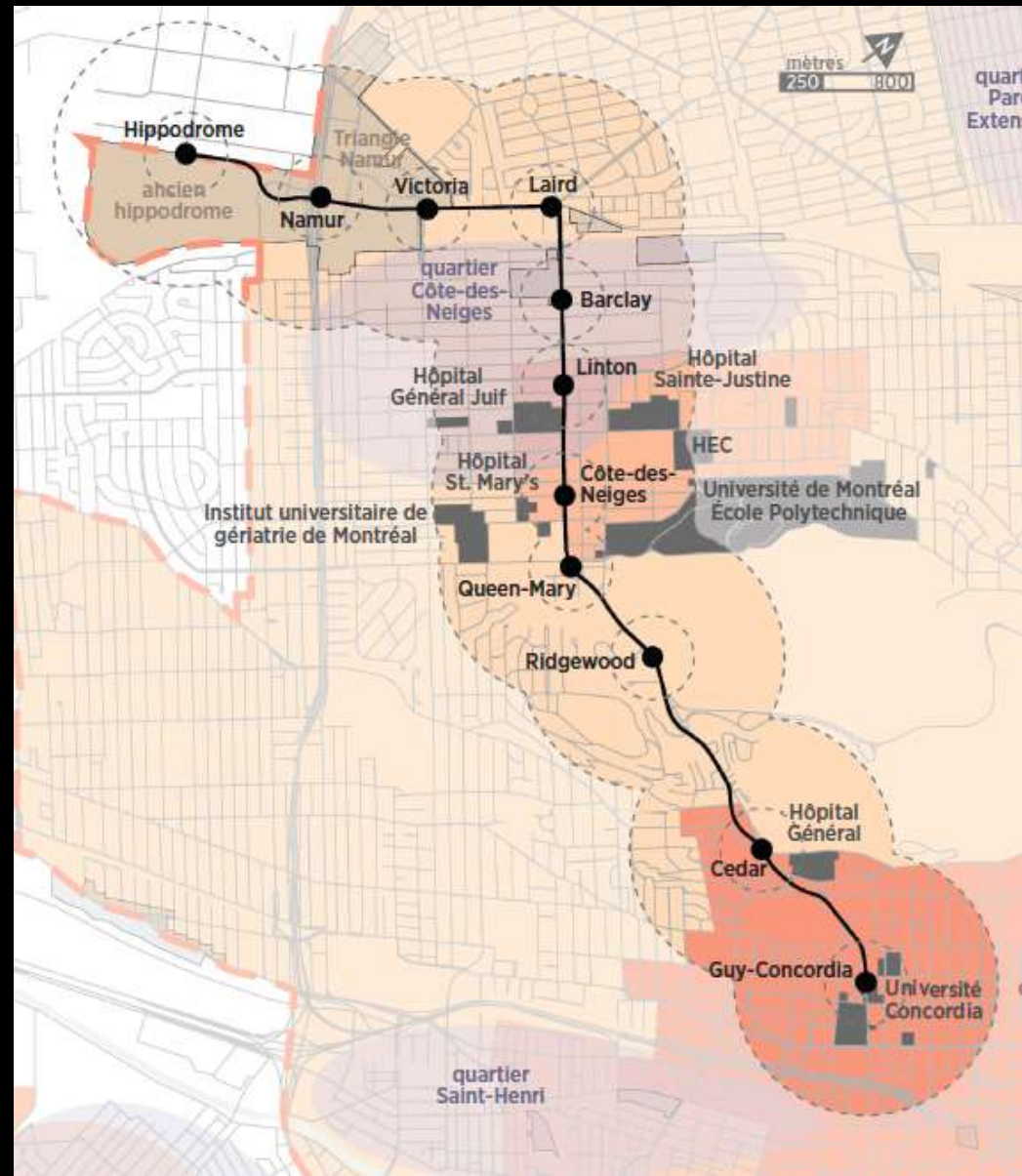
Schéma d'aménagement de Montréal

- Triangle Namur
- Ancien hippodrome

Secteur à revitaliser

Plan d'urbanisme de Montréal

- Quartier Côtes-des-Neiges



Application

Choix et dimensionnement du TCSP

Accessibilité

Autres TCSP, TC fréquents et
stationnements incitatifs accessibles
depuis les stations

Application

Choix et dimensionnement du TCSP

Accessibilité

Autres TCSP, TC fréquents et stationnements incitatifs accessibles depuis les stations

Stations connectées au métro

- **Namur**
- **Côte-des-Neiges**
- **Guy-Concordia**



Image WAA-AP

Application

Choix et dimensionnement du TCSP

Accessibilité

Autres TCSP, TC fréquents et stationnements incitatifs accessibles depuis les stations

Stations connectées au métro

- Namur
- Côte-des-Neiges
- Guy-Concordia

Stations connectées aux lignes d'autobus 10'max, 2 sens, 7h-21h

- Linton (161 Van Horne)
- Côte-des-Neiges (51 Édouard Montpetit)
- Queen-Mary (51 Édouard Montpetit)
- Guy-Concordia (24 Sherbrooke)

Station connectée à un stationnement incitatif

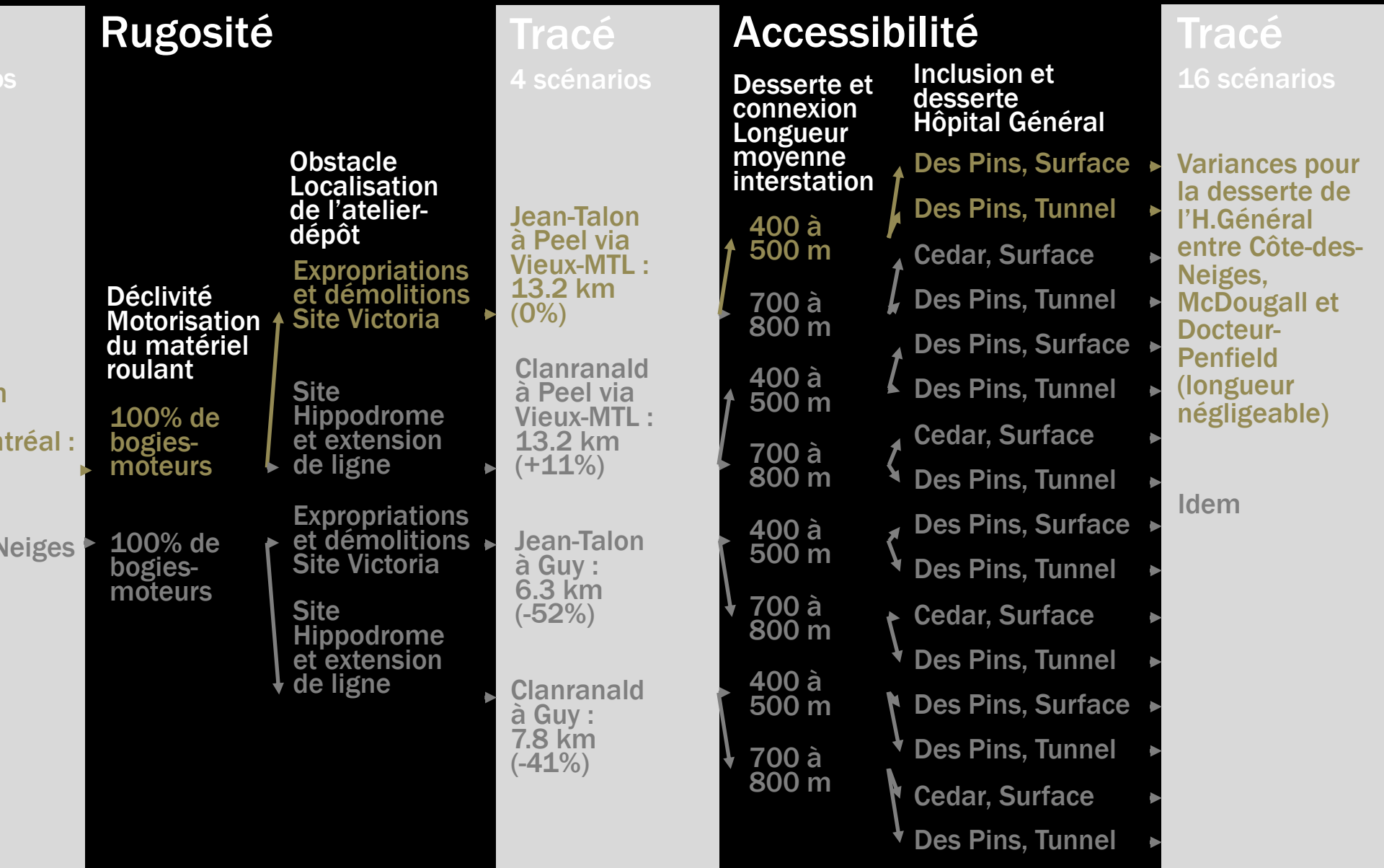
Genivar-Systra (2011), Vol.B2 et C3-1

- Station localisée à proximité du terrain de l'atelier-dépôt



Application

Scénarios d'optimisation



Application

Conception du site propre et franchissement des intersections

Productivité

Vitesse commerciale
entre 18 et 25 kmh

Intervalle d'exploitation
minimal entre 3 et 6
minutes

Site propre sur la totalité
du tracé

Priorité absolue aux
intersections

Intervalle d'exploitation
le plus long

Vitesse commerciale
la plus rapide

Faible nombre
de véhicules

Application

Conception du site propre et franchissement des intersections

Productivité

Vitesse commerciale
entre 18 et 25 kmh

Intervalle d'exploitation
minimal entre 3 et 6
minutes

Site propre sur la totalité
du tracé

Priorité absolue aux
intersections

Intervalle d'exploitation
le plus long

Vitesse commerciale
la plus rapide

Faible nombre
de véhicules

Tous scénarios

Sauf vitesse commerciale
inférieure à 18 km/h

- Scénarios initiaux
- Scénarios optimisés,
tracé et interstation de
longueurs initiaux



Chemin de la
Côte-des-Neiges

Image WAA-AP

Application

Scénarios d'optimisation

Accessibilité

erte et
exion
ueur
enne
station

Inclusion et
desserte
Hôpital Général

Des Pins, Surface

Des Pins, Tunnel

Cedar, Surface

Des Pins, Tunnel

Des Pins, Surface

Des Pins, Tunnel

Cedar, Surface

Des Pins, Tunnel

Des Pins, Surface

Des Pins, Tunnel

Cedar, Surface

Des Pins, Tunnel

Des Pins, Surface

Des Pins, Tunnel

Cedar, Surface

Des Pins, Tunnel

Tracé

16 scénarios

Variances pour
la desserte de
l'H.Général
entre Côte-des-
Neiges,
McDougall et
Docteur-
Penfield
(longueur
négligeable)

Idem

Productivité

Proportion et type de
site propre

Partiel 100%, intégral 0%

Partiel 94%, intégral 6%

Partiel 100%, intégral 0%

Partiel 94%, intégral 6%

Partiel 100%, intégral 0%

Partiel 95%, intégral 5%

Partiel 100%, intégral 0%

Partiel 95%, intégral 5%

Partiel 100%, intégral 0%

Partiel 87%, intégral 13%

Partiel 100%, intégral 0%

Partiel 87%, intégral 13%

Partiel 100%, intégral 0%

Partiel 90%, intégral 10%

Partiel 100%, intégral 0%

Partiel 90%, intégral 10%

Franchissement
des intersections

À niveau,
système de
signalisation à
priorité absolue

À niveau,
système de
signalisation à
priorité absolue

Tracé

16 scénarios

Aucune
modification

Aucune
modification

Application

Scénarios d'optimisation

Productivité

Proportion et type de site propre

Franchissement des intersections

Tracé

16 scénarios

TCSP

Stations Interstation moyenne Vitesse commerciale Rames

▶ Partiel 100%, intégral 0%	▶ À niveau, système de signalisation à priorité absolue	▶ Aucune modification	▶ 32	▶ 426 m	▶ 16,5 kmh	▶ 28
▶ Partiel 94%, intégral 6%			▶ 32	▶ 426 m	▶ 16,5 kmh	▶ 28
▶ Partiel 100%, intégral 0%			▶ 19	▶ 733 m	▶ 22,1 kmh	▶ 22
▶ Partiel 94%, intégral 6%			▶ 19	▶ 733 m	▶ 22,1 kmh	▶ 22
▶ Partiel 100%, intégral 0%	▶ À niveau, système de signalisation à priorité absolue	▶ Aucune modification	▶ 34	▶ 445 m	▶ 16,9 kmh	▶ 29
▶ Partiel 95%, intégral 5%			▶ 34	▶ 445 m	▶ 16,9 kmh	▶ 29
▶ Partiel 100%, intégral 0%			▶ 21	▶ 735 m	▶ 22,2 kmh	▶ 23
▶ Partiel 95%, intégral 5%			▶ 21	▶ 735 m	▶ 22,2 kmh	▶ 23
▶ Partiel 100%, intégral 0%			▶ 13	▶ 525 m	▶ 18,3 kmh	▶ 14
▶ Partiel 87%, intégral 13%			▶ 13	▶ 525 m	▶ 18,3 kmh	▶ 14
▶ Partiel 100%, intégral 0%			▶ 09	▶ 788 m	▶ 22,5 kmh	▶ 13
▶ Partiel 87%, intégral 13%			▶ 09	▶ 788 m	▶ 22,5 kmh	▶ 13
▶ Partiel 100%, intégral 0%	▶ À niveau, système de signalisation à priorité absolue	▶ Aucune modification	▶ 15	▶ 557 m	▶ 19,0 kmh	▶ 16
▶ Partiel 90%, intégral 10%			▶ 15	▶ 557 m	▶ 19,0 kmh	▶ 16
▶ Partiel 100%, intégral 0%			▶ 11	▶ 780 m	▶ 22,5 kmh	▶ 15
▶ Partiel 90%, intégral 10%			▶ 11	▶ 780 m	▶ 22,5 kmh	▶ 15

Application

Scénarios d'optimisation

Type de		Tracé	TCSP				Efficacité		
Franchissement des intersections		16 scénarios	Stations	Interstation moyenne	Vitesse commerciale	Rames	Résolution des contraintes		
Intégral 0%	▶ À niveau, système de signalisation à priorité absolue	▶ Aucune modification	▶ 32	▶ 426 m	▶ 16,5 kmh	▶ 28	▶ Non : Accessibilité et productivité		
Intégral 6%			▶ 32	▶ 426 m	▶ 16,5 kmh	▶ 28	▶ Non : Accessibilité et productivité		
Intégral 0%			▶ 19	▶ 733 m	▶ 22,1 kmh	▶ 22	▶ Oui		
Intégral 6%			▶ 19	▶ 733 m	▶ 22,1 kmh	▶ 22	▶ Oui		
Intégral 0%			▶ 34	▶ 445 m	▶ 16,9 kmh	▶ 29	▶ Non : Accessibilité et productivité		
Intégral 5%			▶ 34	▶ 445 m	▶ 16,9 kmh	▶ 29	▶ Non : Accessibilité et productivité		
Intégral 0%			▶ 21	▶ 735 m	▶ 22,2 kmh	▶ 23	▶ Oui		
Intégral 5%			▶ 21	▶ 735 m	▶ 22,2 kmh	▶ 23	▶ Oui		
Intégral 0%			▶ À niveau, système de signalisation à priorité absolue	▶ Aucune modification	▶ 13	▶ 525 m	▶ 18,3 kmh	▶ 14	▶ Non : Accessibilité
Intégral 13%					▶ 13	▶ 525 m	▶ 18,3 kmh	▶ 14	▶ Non : Accessibilité
Intégral 0%	▶ 09	▶ 788 m			▶ 22,5 kmh	▶ 13	▶ Oui		
Intégral 13%	▶ 09	▶ 788 m			▶ 22,5 kmh	▶ 13	▶ Oui		
Intégral 0%	▶ 15	▶ 557 m			▶ 19,0 kmh	▶ 16	▶ Non : Accessibilité		
Intégral 10%	▶ 15	▶ 557 m			▶ 19,0 kmh	▶ 16	▶ Non : Accessibilité		
Intégral 0%	▶ 11	▶ 780 m			▶ 22,5 kmh	▶ 15	▶ Oui		
Intégral 10%	▶ 11	▶ 780 m			▶ 22,5 kmh	▶ 15	▶ Oui		

Application

Scénarios d'optimisation

TCSP				Efficacité		Efficience			Coûts d'exploitation Frais annuels
Stations	Interstation moyenne	Vitesse commerciale	Rames	Résolution des contraintes	Coûts d'investissement Frais variables	Montant total	Varia. total		
▶ 32	▶ 426 m	▶ 16,5 kmh	▶ 28	▶ Non : Accessibilité et productivité	▶ 668 M\$	▶ 849 M\$	▶ Base	19,3 M\$ Base	
▶ 32	▶ 426 m	▶ 16,5 kmh	▶ 28	▶ Non : Accessibilité et productivité	▶ 770 M\$	▶ 951 M\$	▶ Base		
▶ 19	▶ 733 m	▶ 22,1 kmh	▶ 22	▶ Oui	▶ 686 M\$	▶ 867 M\$	▶ 2%	21,5 M\$ 11%	
▶ 19	▶ 733 m	▶ 22,1 kmh	▶ 22	▶ Oui	▶ 746 M\$	▶ 927 M\$	▶ -3%		
▶ 34	▶ 445 m	▶ 16,9 kmh	▶ 29	▶ Non : Accessibilité et productivité	▶ 652 M\$	▶ 833 M\$	▶ -2%	9,2 M\$* -52%	
▶ 34	▶ 445 m	▶ 16,9 kmh	▶ 29	▶ Non : Accessibilité et productivité	▶ 754 M\$	▶ 935 M\$	▶ -2%		
▶ 21	▶ 735 m	▶ 22,2 kmh	▶ 23	▶ Oui	▶ 661 M\$	▶ 842 M\$	▶ -1%	11,4 M\$* -41%	
▶ 21	▶ 735 m	▶ 22,2 kmh	▶ 23	▶ Oui	▶ 721 M\$	▶ 902 M\$	▶ -5%		
▶ 13	▶ 525 m	▶ 18,3 kmh	▶ 14	▶ Non : Accessibilité	▶ 358 M\$	▶ 539 M\$	▶ -37%	11,4 M\$* -41%	
▶ 13	▶ 525 m	▶ 18,3 kmh	▶ 14	▶ Non : Accessibilité	▶ 460 M\$	▶ 641 M\$	▶ -33%		
▶ 09	▶ 788 m	▶ 22,5 kmh	▶ 13	▶ Oui	▶ 394 M\$	▶ 575 M\$	▶ -32%	* : hors frais annuels d'exploitation ligne 715	
▶ 09	▶ 788 m	▶ 22,5 kmh	▶ 13	▶ Oui	▶ 454 M\$	▶ 635 M\$	▶ -33%		
▶ 15	▶ 557 m	▶ 19,0 kmh	▶ 16	▶ Non : Accessibilité	▶ 338 M\$	▶ 519 M\$	▶ -39%	11,4 M\$* -41%	
▶ 15	▶ 557 m	▶ 19,0 kmh	▶ 16	▶ Non : Accessibilité	▶ 440 M\$	▶ 621 M\$	▶ -35%		
▶ 11	▶ 780 m	▶ 22,5 kmh	▶ 15	▶ Oui	▶ 373 M\$	▶ 554 M\$	▶ -35%	11,4 M\$* -41%	
▶ 11	▶ 780 m	▶ 22,5 kmh	▶ 15	▶ Oui	▶ 433 M\$	▶ 614 M\$	▶ -35%		

Application

Scénarios d'optimisation

TCSP				Efficacité				Efficience			
Scénario le plus efficace et le plus efficient											
Stations	Interstation moyenne	Vitesse commerciale	Rames	Résolution des contraintes				Coûts d'investissement Frais variables	Montant total	Varia. total	Coûts d'exploitation Frais annuels
▶ 32	▶ 426 m	▶ 16,5 kmh	▶ 28	▶ Non : Accessibilité et productivité				▶ 668 M\$	▶ 849 M\$	▶ Base	19,3 M\$ Base
▶ 32	▶ 426 m	▶ 16,5 kmh	▶ 28	▶ Non : Accessibilité et productivité				▶ 770 M\$	▶ 951 M\$	▶ Base	
▶ 19	▶ 733 m	▶ 22,1 kmh	▶ 22	▶ Oui				▶ 686 M\$	▶ 867 M\$	▶ 2%	21,5 M\$ 11%
▶ 19	▶ 733 m	▶ 22,1 kmh	▶ 22	▶ Oui				▶ 746 M\$	▶ 927 M\$	▶ -3%	
▶ 34	▶ 445 m	▶ 16,9 kmh	▶ 29	▶ Non : Accessibilité et productivité				▶ 652 M\$	▶ 833 M\$	▶ -2%	9,2 M\$* -52%
▶ 34	▶ 445 m	▶ 16,9 kmh	▶ 29	▶ Non : Accessibilité et productivité				▶ 754 M\$	▶ 935 M\$	▶ -2%	
▶ 21	▶ 735 m	▶ 22,2 kmh	▶ 23	▶ Oui				▶ 661 M\$	▶ 842 M\$	▶ -1%	11,4 M\$* -41%
▶ 21	▶ 735 m	▶ 22,2 kmh	▶ 23	▶ Oui				▶ 721 M\$	▶ 902 M\$	▶ -5%	
▶ 13	▶ 525 m	▶ 18,3 kmh	▶ 14	▶ Non : Accessibilité				▶ 358 M\$	▶ 539 M\$	▶ -37%	11,4 M\$* -41%
▶ 13	▶ 525 m	▶ 18,3 kmh	▶ 14	▶ Non : Accessibilité				▶ 460 M\$	▶ 641 M\$	▶ -33%	
▶ 09	▶ 788 m	▶ 22,5 kmh	▶ 13	▶ Oui				▶ 394 M\$	▶ 575 M\$	▶ -32%	11,4 M\$* -41%
▶ 09	▶ 788 m	▶ 22,5 kmh	▶ 13	▶ Oui				▶ 454 M\$	▶ 635 M\$	▶ -33%	
▶ 15	▶ 557 m	▶ 19,0 kmh	▶ 16	▶ Non : Accessibilité				▶ 338 M\$	▶ 519 M\$	▶ -39%	11,4 M\$* -41%
▶ 15	▶ 557 m	▶ 19,0 kmh	▶ 16	▶ Non : Accessibilité				▶ 440 M\$	▶ 621 M\$	▶ -35%	
▶ 11	▶ 780 m	▶ 22,5 kmh	▶ 15	▶ Oui				▶ 373 M\$	▶ 554 M\$	▶ -35%	11,4 M\$* -41%
▶ 11	▶ 780 m	▶ 22,5 kmh	▶ 15	▶ Oui				▶ 433 M\$	▶ 614 M\$	▶ -35%	

* : hors frais annuels d'exploitation ligne 715

Critique



Application

Projet de tramway ville de Montréal

Élaboration de scénarios de TCSP
résolvant les contraintes techniques

Scénarios initiaux ne résolvant pas les
contraintes (non-formulées lors de leur
élaboration)

Démonstration de possibilités demandant
vérification de la faisabilité des scénarios
(temps et moyens limités)

Estimation de la demande en déplacement
datée (Enquête OD 2003)

Résultats de calculs différents des études de
faisabilité (mais conservateurs)

Efficacité

Application

Projet de tramway ville de Montréal

Élaboration de scénarios de TCSP
résolvant les contraintes techniques

Scénarios initiaux ne résolvant pas les
contraintes (non-formulées lors de leur
élaboration)

Démonstration de possibilités demandant
vérification de la faisabilité des scénarios
(temps et moyens limités)

Estimation de la demande en déplacement
datée (Enquête OD 2003)

Résultats de calculs différents des études de
faisabilité (mais conservateurs)

Élaboration de scénarios de TCSP diminuant les
enjeux financiers (certains augmentant)

Problématique des frais fixes (181M\$) :
Coûts d'investissement jusqu'à -39% pour une
diminution du tracé jusqu'à -52%

Frais fixes pouvant représenter des économies
d'échelles pour de futures lignes de TCSP
adoptant la même technologie (projets de SLR)

Estimations des coûts d'investissement et
d'exploitation datées (2011)

Coûts représentant une idée de grandeur
(difficultés de calcul des coûts d'exploitation
d'après les études de faisabilité)

Efficacité
Efficience

Application

Projet de tramway ville de Montréal

Élaboration de scénarios de TCSP résolvant les contraintes techniques

Scénarios initiaux ne résolvant pas les contraintes (non-formulées lors de leur élaboration)

Démonstration de possibilités demandant vérification de la faisabilité des scénarios (temps et moyens limités)

Estimation de la demande en déplacement datée (Enquête OD 2003)

Résultats de calculs différents des études de faisabilité (mais conservateurs)

Élaboration de scénarios de TCSP diminuant les enjeux financiers (certains augmentant)

Problématique des frais fixes (181M\$) : Coûts d'investissement jusqu'à -39% pour une diminution du tracé jusqu'à -52%

Frais fixes pouvant représenter des économies d'échelles pour de futures lignes de TCSP adoptant la même technologie (projets de SLR)

Estimations des coûts d'investissement et d'exploitation datées (2011)

Coûts représentant une idée de grandeur (difficultés de calcul des coûts d'exploitation d'après les études de faisabilité)

Efficacité
Efficience

Méthode d'optimisation

Élaboration de scénarios de TCSP au moins autant efficaces mais plus efficaces (certains moins efficaces)

Approche systémique permettant de résoudre plusieurs contraintes techniques à la fois, de diminuer plusieurs enjeux financiers à la fois

Dépendance aux données d'estimation pour l'élaboration de scénarios (données à pouvoir renouveler)

Provenance et la méthodologie de calculs de données produites dans les études de faisabilité demandant à être connues à des fins de comparaisons ultérieures

Scénarios tendant vers un optimum d'efficacité et d'efficience qui peuvent ne pas être les plus favorables eu égard à d'autres critères

Méthode devant être suivie d'une évaluation afin de dégager le scénario le plus favorable

Donne une idée de ce que pourrait être un projet optimisé

Réponse de recherche

Il existe des scénarios de projet de TCSP plus efficace et plus efficient dont l'un, après évaluation ultérieure, pourrait se substituer au projet initial de tramway abandonné par la ville de Montréal.

Méthode d'optimisation

Élaboration de scénarios de TCSP au moins autant efficaces mais plus efficients (certains moins efficients)

Approche systémique permettant de résoudre plusieurs contraintes techniques à la fois, de diminuer plusieurs enjeux financiers à la fois

Dépendance aux données d'estimation pour l'élaboration de scénarios (données à pouvoir renouveler)

Provenance et la méthodologie de calculs de données produites dans les études de faisabilité demandant à être connues à des fins de comparaisons ultérieures

Scénarios tendant vers un optimum d'efficacité et d'efficience qui peuvent ne pas être les plus favorables eu égard à d'autres critères

Méthode devant être suivie d'une évaluation afin de dégager le scénario le plus favorable

Donne une idée de ce que pourrait être un projet optimisé

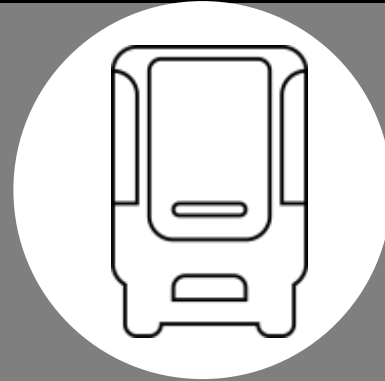
Réponse de recherche

Il existe des scénarios de projet de TCSP plus efficace et plus efficient dont l'un, après évaluation ultérieure, pourrait se substituer au projet initial de tramway abandonné par la ville de Montréal.

Conditions

- Mettre à jour les données d'estimation de la demande et des coûts
- Vérifier la faisabilité des modifications du TCSP résolvant les contraintes
- Vérifier la diminution effective des enjeux financier

Merci



Timothée Millet
timothee.millet@gmail.com