

# Modélisation de la capacité de la chaîne d'approvisionnement en carburant

30 novembre 2023 Réunion  
du cluster logistique mondial

Jarrood Goentzel, MIT



**MIT** Humanitarian  
Supply Chain Lab

<https://humanitarian.mit.edu>



**MIT** Center for  
Transportation & Logistics

<https://ctl.mit.edu>

# Motivation



- Le carburant est essentiel en cas d'urgence
  - Permettre la mobilité des survivants
  - Fournir une alimentation électrique temporaire
  - Transport de biens de première nécessité
- L'augmentation de la demande, combinée aux dommages subis par les infrastructures, entraîne une pénurie et de longues files d'attente.



## 'The whole system imploded': How Ida crippled Louisiana's gasoline distribution

BY SAM KARLIN | STAFF WRITER | SEP 1, 2021 - 5:58 PM



People wait in line for gas at the Triangle Deli in the Gentilly neighborhood of New Orleans, Tuesday, Aug. 31, 2021. (Staff photo by David Grunfeld, NOLA.com | The Times Picayune | The New Orleans Advocate)

PHOTO BY DAVID GRUNFELD, DIRECTOR OF PHOTOGRAPHY



THE WALL STREET JOURNAL

WORLD | EUROPE | U.K.

## Panic Buying in U.K. Creates Shortages at Gas Stations

British government keeps soldiers on standby to deliver fuel supplies if necessary



Drivers lined up for fuel in London on Saturday.

PHOTO: DOMINIC LIPINSKI/PA WIRE/ZUMA PRESS

By Max Colchester

Sept. 27, 2021 9:40 am ET



# Motivation

Lors de l'ouragan Irma, les camions-citernes ont fait la queue pendant quatre heures pour accéder aux réservoirs de carburant.

Source : Département des transports de Floride. (Janvier 2018). *Effets de l'ouragan Irma sur le système de distribution de carburant de la Floride et améliorations recommandées*. Tiré de [http://www.fdot.gov/info/CO/news/newsreleases/020118\\_FDOT-Fuel-Report.pdf](http://www.fdot.gov/info/CO/news/newsreleases/020118_FDOT-Fuel-Report.pdf).

*Pourquoi des files d'attente se forment-elles aux postes de ravitaillement en carburant ?*



Port Canaveral 

@PortCanaveral

Follow

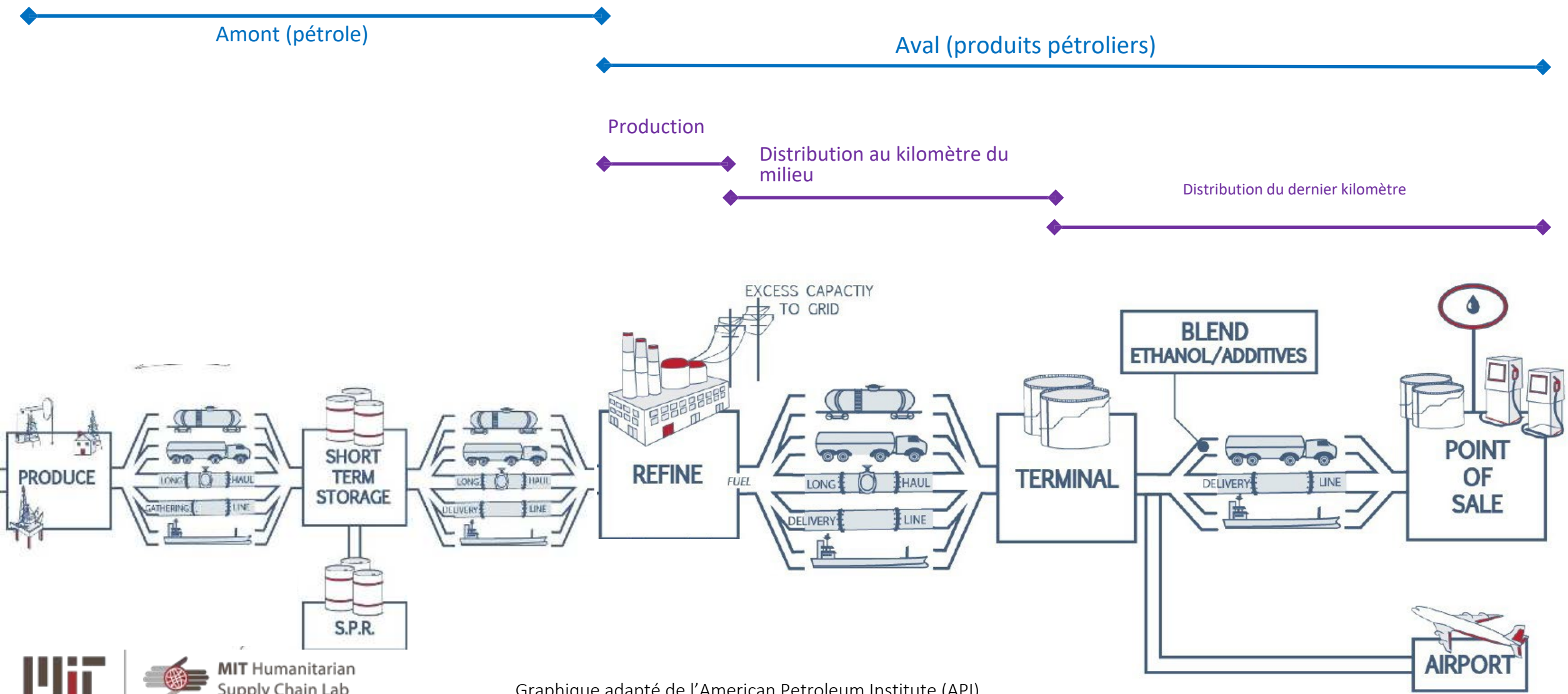


Over 750 tankers loaded and rolling with fuel across Florida from Seaport Canaveral in last 48 hours.

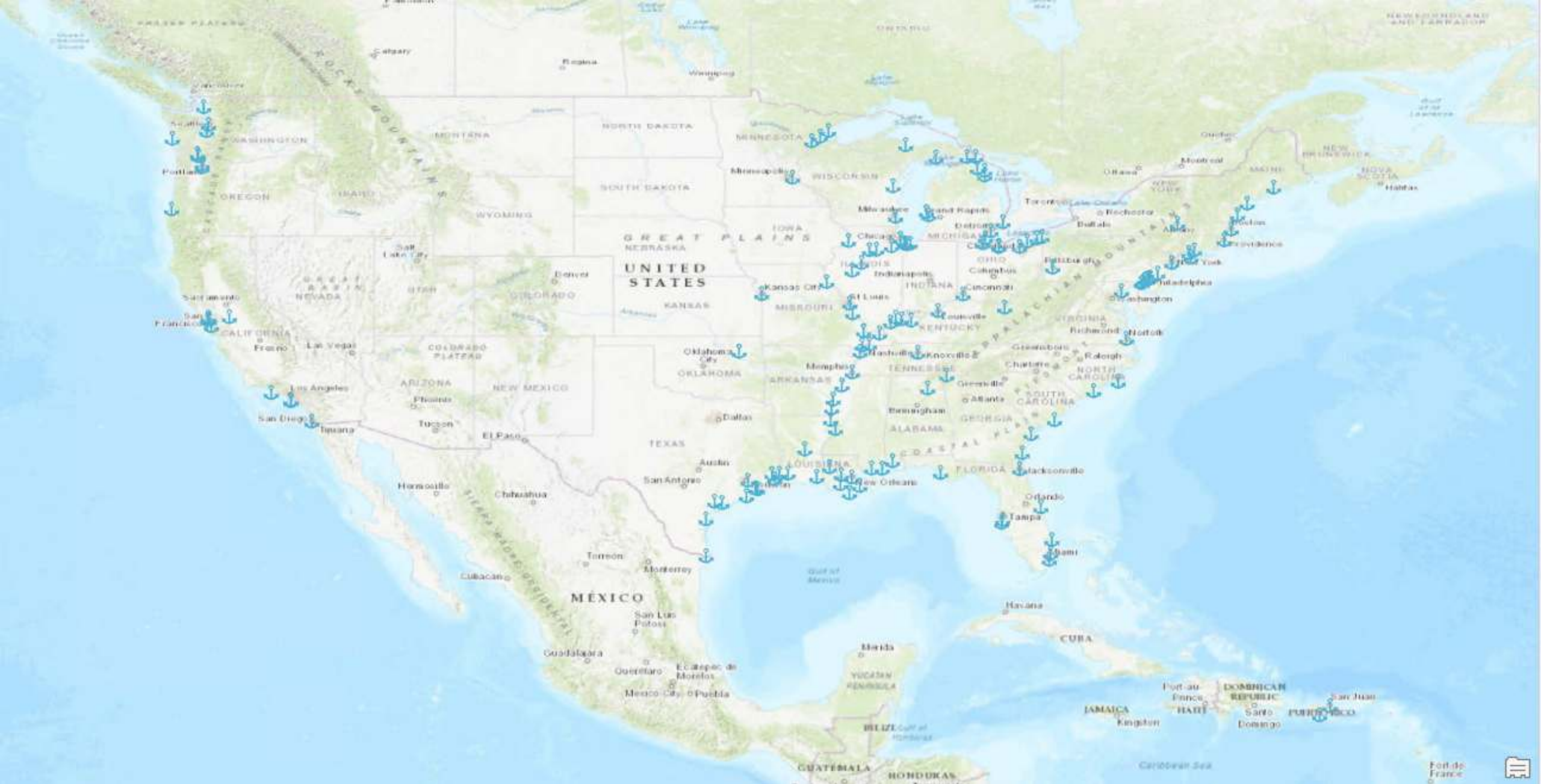


4:15 PM - 14 Sep 2017

# Chaîne d'approvisionnement en carburant









# Que s'est-il passé pendant l'ouragan Irma ?

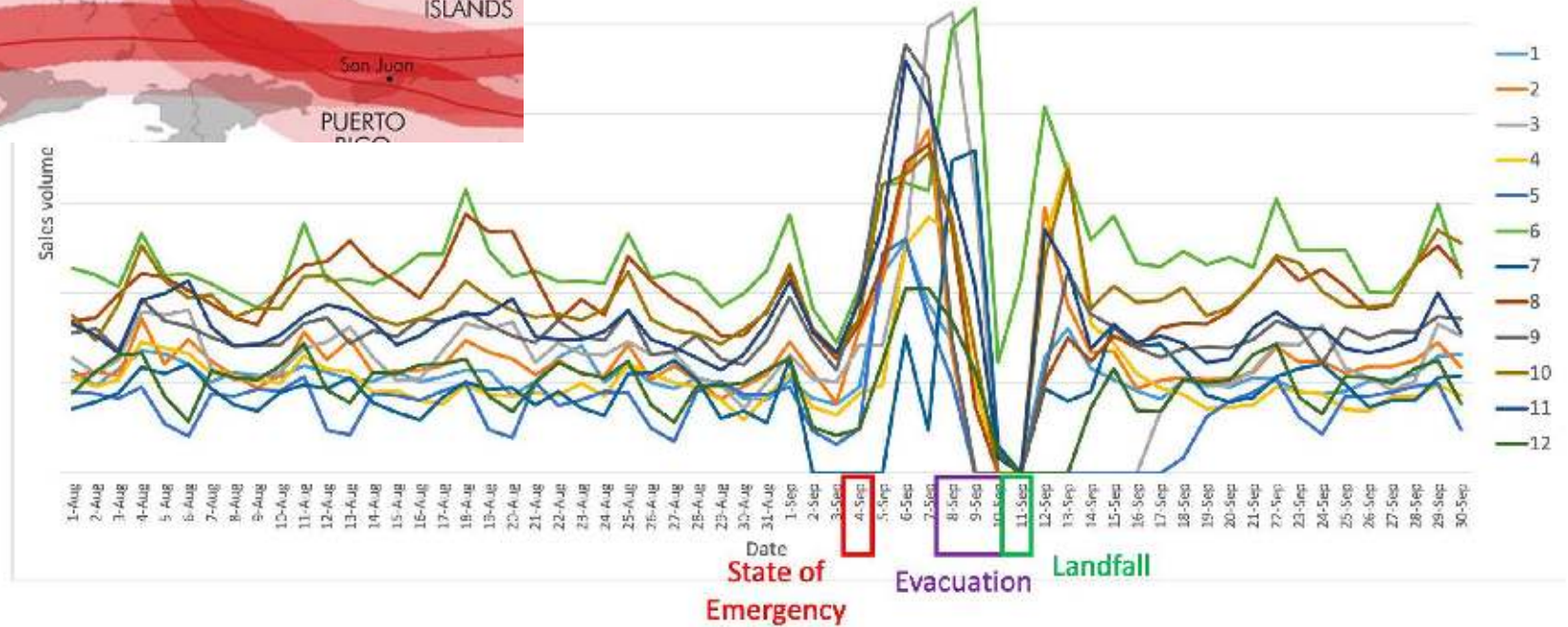


Figure 13: Regular fuel sales volume for 12 retailer locations in Florida during August and September 2017. Source: Retailer(s), MIT analysis.

Source : MIT Humanitarian Supply Chain Lab, MIT Center for Transportation & Logistics. (2019).

Chaînes d'approvisionnement en cas de catastrophe : Passer de la connaissance de la situation à l'analyse actionnable.

Cambridge :

LAM : Boutillier, J., Goentzel, J. et Windle, M.

<http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/127186>

# Pas de problème d'approvisionnement

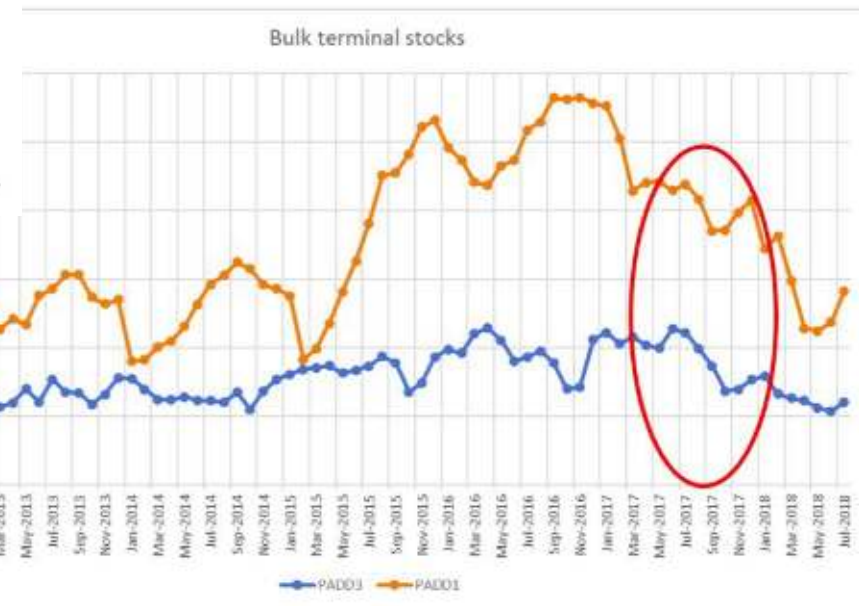
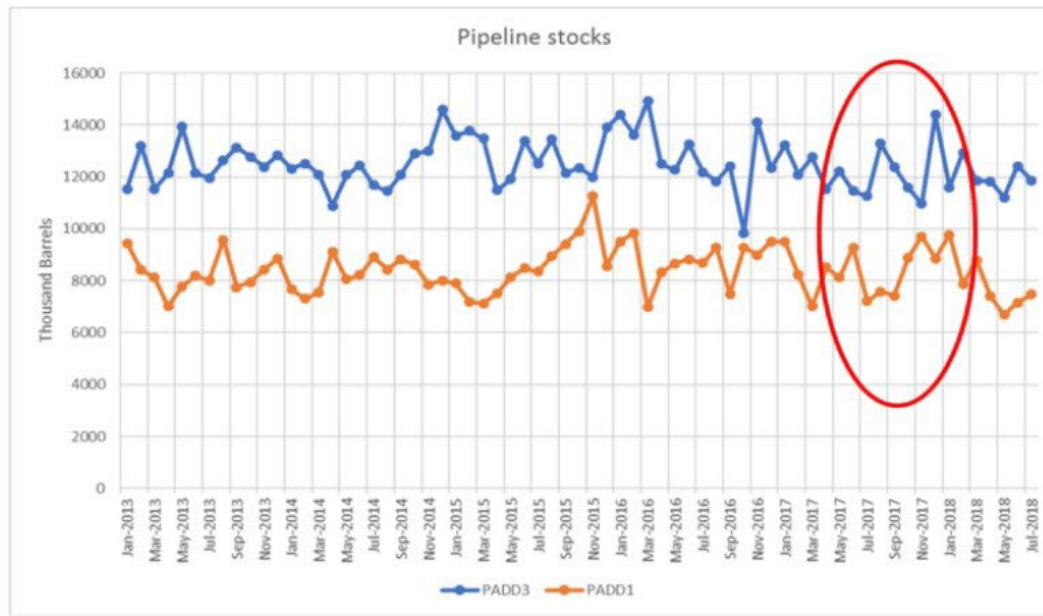
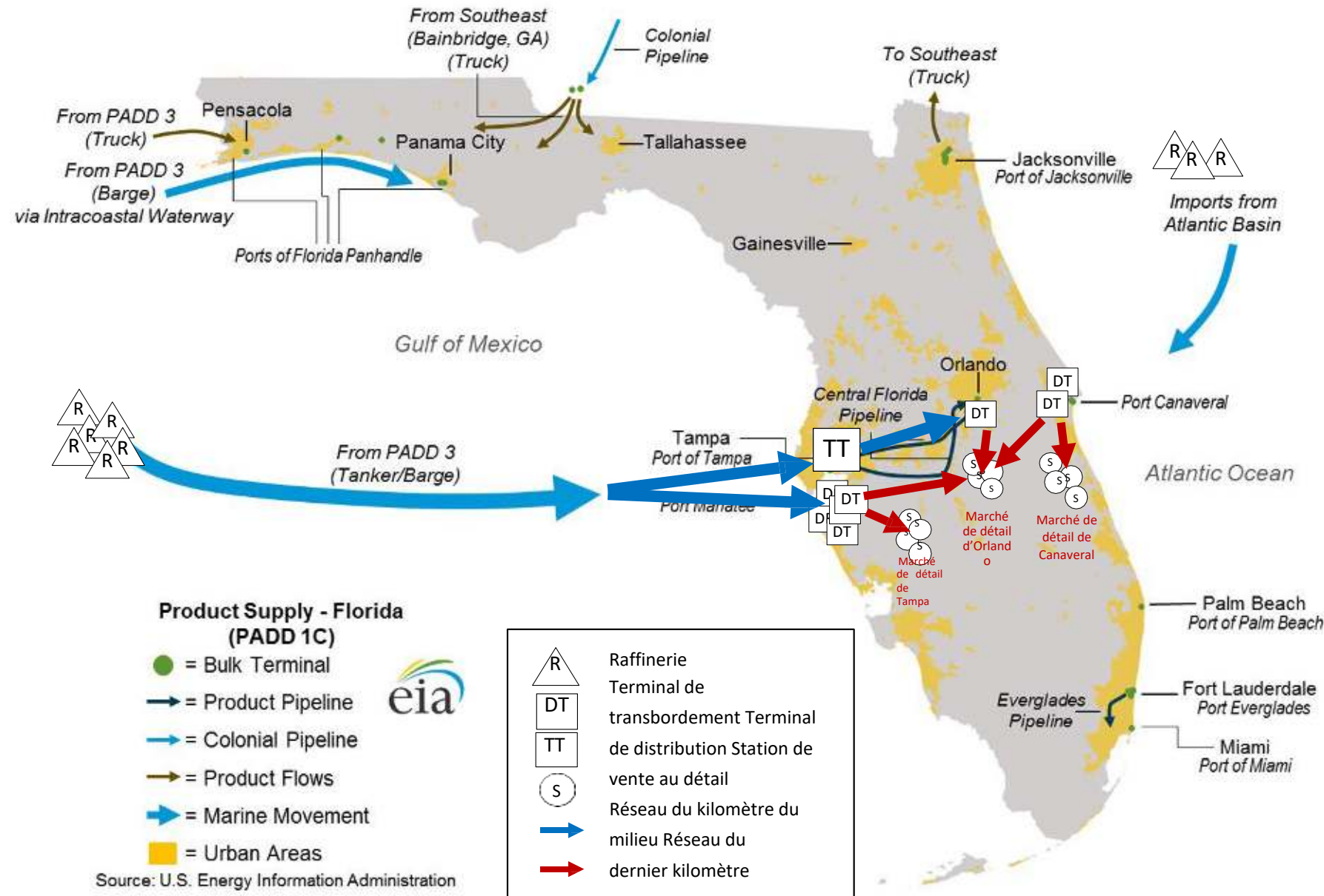


Figure 10: Aggregate pipeline stocks in PADD1 and PADD3. Source: EIA.

Source : MIT Humanitarian Supply Chain Lab, MIT Center for Transportation & Logistics. (2019). *Chaînes d'approvisionnement en cas de catastrophe : Passer de la connaissance de la situation à l'analyse actionnable*. Cambridge, MA : Boutilier, J., Goentzel, J., & Windle, M. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/127186>

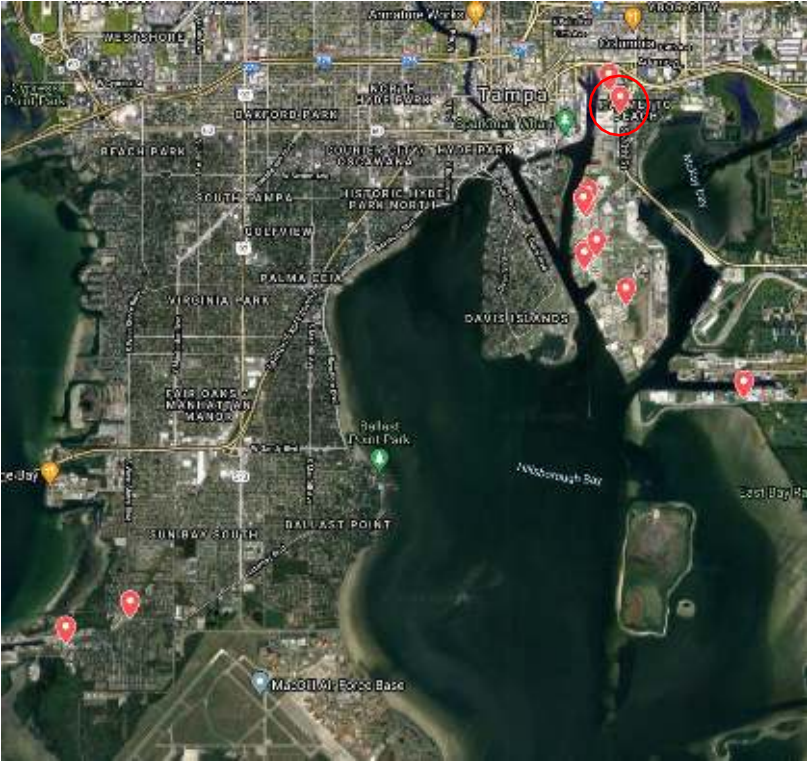
Figure 11: Aggregate bulk terminal stocks in PADD1 and PADD3. Source: EIA.

# Analyse des goulets d'étranglement de la distribution



# Analyser plus en détail les goulets d'étranglement de la distribution

Groupement de terminaux



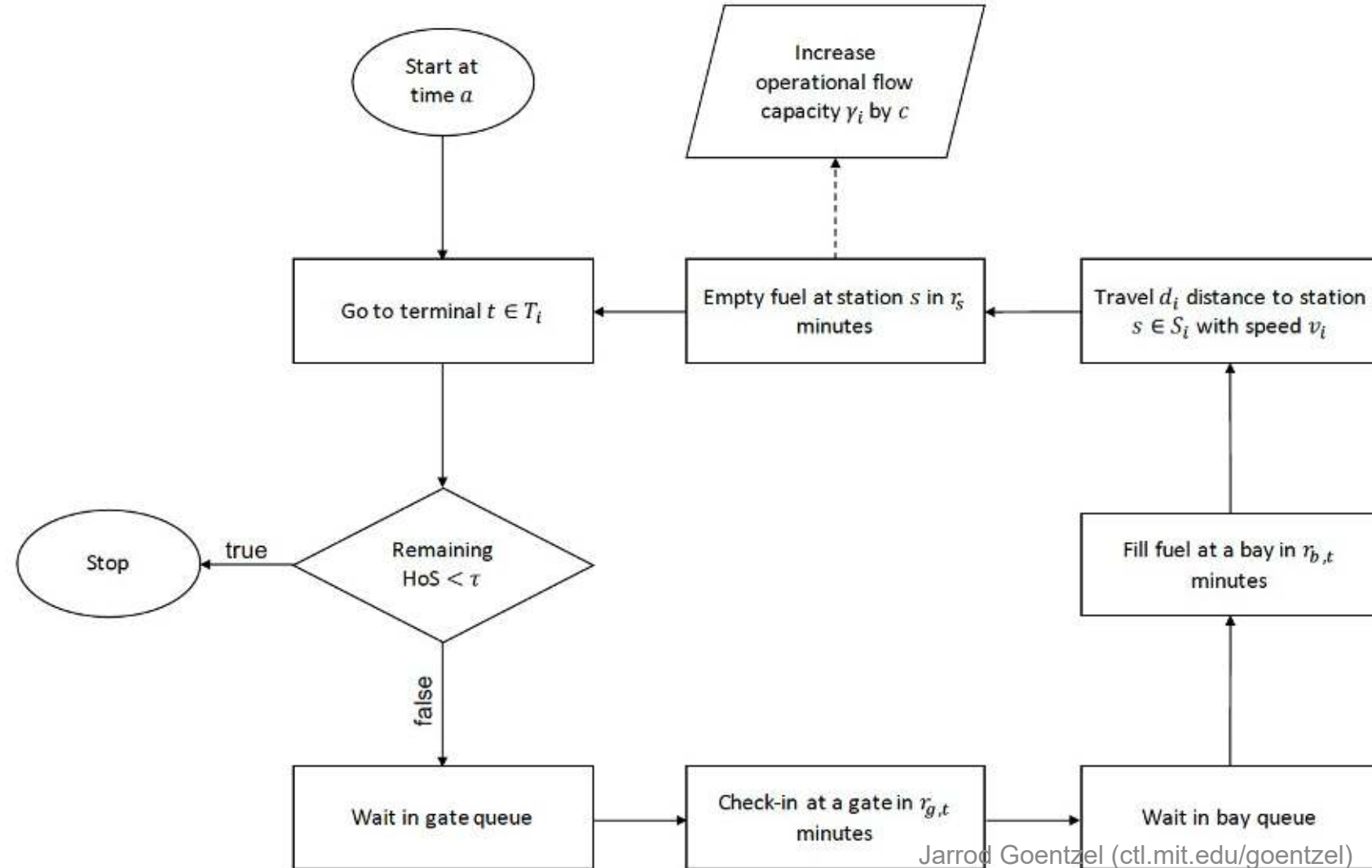
Terminal



# Création d'un modèle de simulation à événements discrets

Parameter	Description
$n_g$	Number of check-in gates
$n_b$	Number of fuel fueling bays
$d$	Station distance in miles
$S$	Set of stations
$m$	Number of parking spaces
$a$	Start time for trucks in hour of day
$\tau$	Stopping criteria for trucks in mins
$c$	Capacity of trucks in gallons
$h$	Hours of service of drivers
$r_s$	Time taken at stations in mins
$r_g$	Time taken at terminal gates in mins
$r_b$	Time taken at terminal bays in mins
$v$	Speed of trucks in miles/hr
$f$	Fleet size

Figure 2 Flow chart of the process cycle of a truck serving terminal group  $i$ .

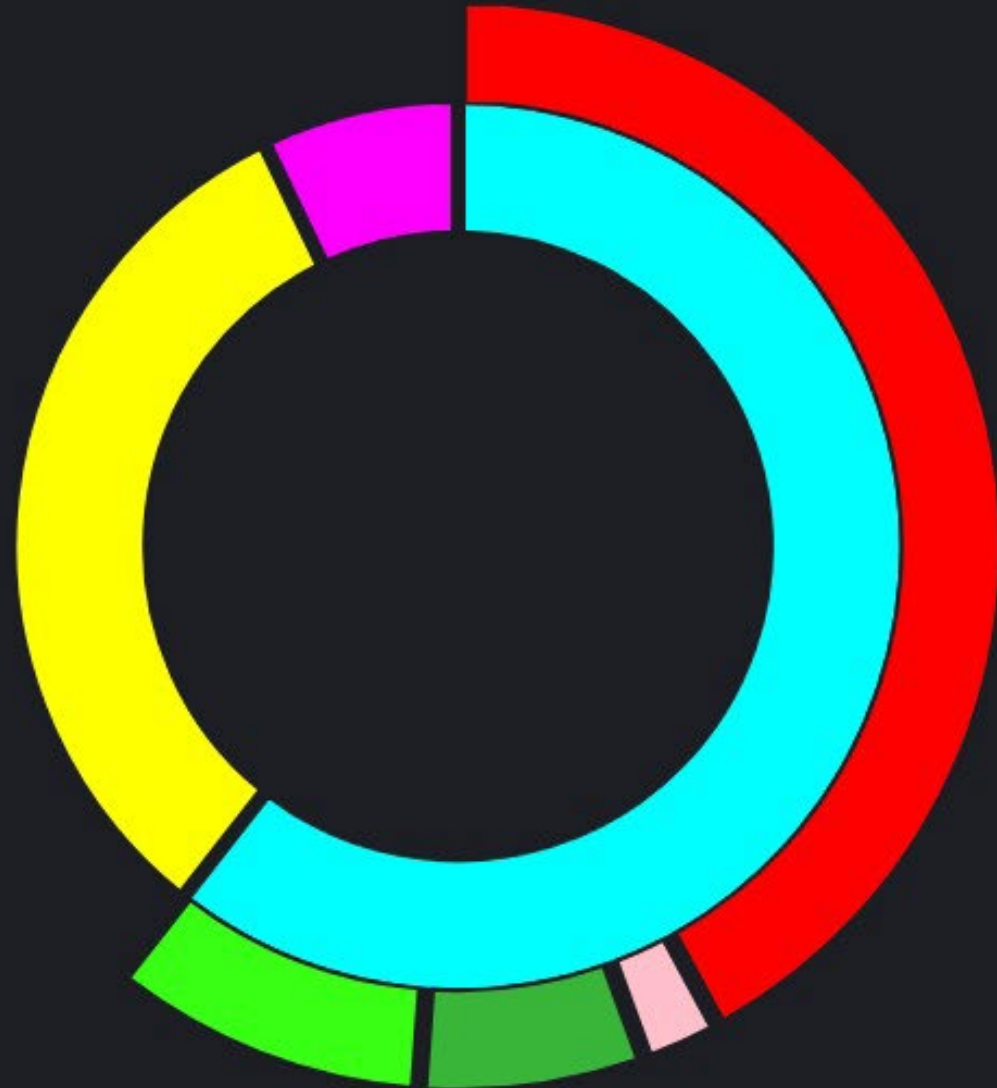




Création d'un modèle de simulation à événements discrets

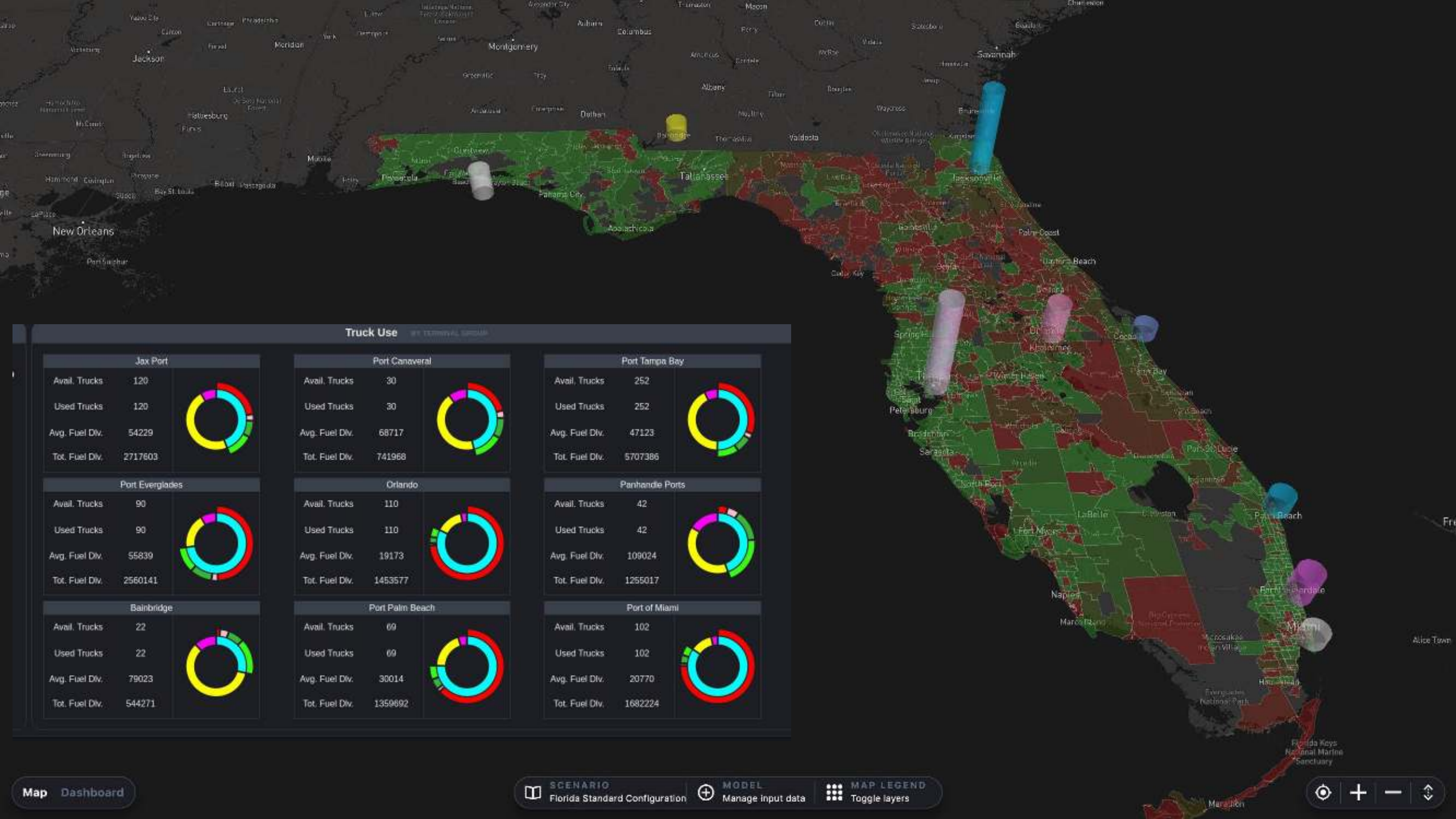
# System Results

TRUCK USE AND DEMAND SUMMARY



## LEGEND

- Closed
- Driving
- Station
- Terminal
- Terminal - Waiting for Gate to Open
- Terminal - In Gate Queue
- Terminal - At Gate
- Terminal - Waiting for Bay to Open
- Terminal - In Bay Queue
- Terminal - Filling Truck



### Truck Use

Jax Port	
Avail. Trucks	120
Used Trucks	120
Avg. Fuel Div.	54229
Tot. Fuel Div.	2717603



Port Canaveral	
Avail. Trucks	30
Used Trucks	30
Avg. Fuel Div.	68717
Tot. Fuel Div.	741968



Port Tampa Bay	
Avail. Trucks	252
Used Trucks	252
Avg. Fuel Div.	47123
Tot. Fuel Div.	5707386



Port Everglades	
Avail. Trucks	90
Used Trucks	90
Avg. Fuel Div.	55839
Tot. Fuel Div.	2560141



Orlando	
Avail. Trucks	110
Used Trucks	110
Avg. Fuel Div.	19173
Tot. Fuel Div.	1453577



Panhandle Ports	
Avail. Trucks	42
Used Trucks	42
Avg. Fuel Div.	109024
Tot. Fuel Div.	1255017



Bainbridge	
Avail. Trucks	22
Used Trucks	22
Avg. Fuel Div.	79023
Tot. Fuel Div.	544271



Port Palm Beach	
Avail. Trucks	69
Used Trucks	69
Avg. Fuel Div.	30014
Tot. Fuel Div.	1359692



Port of Miami	
Avail. Trucks	102
Used Trucks	102
Avg. Fuel Div.	20770
Tot. Fuel Div.	1682224



# Profil de 43 leviers des secteurs public et privé pour accroître l'approvisionnement en carburant

Segment de la chaîne d'approvisionnement Sous-classifications des leviers

des États-Unis

Fourniture	Réserves nationales	Population
		Privé
	Réserves internationales	
	Marchés publics	Cotes de priorité
		Contrats d'urgence
Augmentation de la production		
Demande	Limitation de la demande	Long terme
		Court terme
	Changement de combustible	Long terme
		Court terme
Distribution	Kilomètre du milieu	Augmenter le débit
		Augmenter la capacité
	Dernier kilomètre	Augmenter le débit
		Augmenter la capacité

## 43 leviers identifiés

Des données ont été recueillies sur chaque levier en fonction de plusieurs attributs, notamment

- Le contexte
- L'utilisation historique
- **Impact**
- Limites :
- **Type - opérationnel ou habilitant**

# Profil de 43 leviers des secteurs public et privé pour accroître l'approvisionnement en carburant des États-Unis

## 5 Appendix A: Policy and Operational Levers

This section includes summaries of 43 policy and/or operational levers that government and private sector actors in the fuel supply chain can pull.

### 5.1 Lever Attributes

The table below includes descriptions of each of the attributes the levers were evaluated on in the 'Lever Summaries' section.

Attribute	Description
<b>Actor</b>	Decision maker. Who "pulls" the lever?
<b>Background</b>	Relevant information about the lever, the challenge in the system it aims to solve, or reasoning for including it
<b>Standard requirements</b>	What are the baseline requirements (with no lever). This is most appropriate for levers that are waivers of existing regulations.
<b>Action</b>	Action that the actor takes and/or process for activating/initiating the lever
<b>Historic Use</b>	Data on past use of this lever (where possible)
<b>Time Horizon</b>	Short term (emergency, can be initiated in a matter of days to a couple of weeks following a disruption) Long term (preparedness)
<b>Impact</b>	Impact of "pulling" the lever. Described in one of three ways, either (a) quantitative estimate of the lever's impact on fuel flow at a node or through the system, based on model or simulation, (b) quantitative "back of the envelope" estimate, or (c) description of data needed and how the impact could be assessed if data were available
<b>Limitations/caveats</b>	Limitations to the lever's use, or caveats to consider
<b>Political consideration</b>	Does the lever carry "political weight" or demonstrate government action
<b>Enabling/Operational</b>	Is the lever enabling another actor (usually Private sector) to operate (e.g., waiver) or is the lever actor operating (e.g., activating a bulk fuel contract)
<b>Source(s)</b>	Include link to source or reference for information included. Note: in many cases, hyperlinks are included throughout the lever summary.

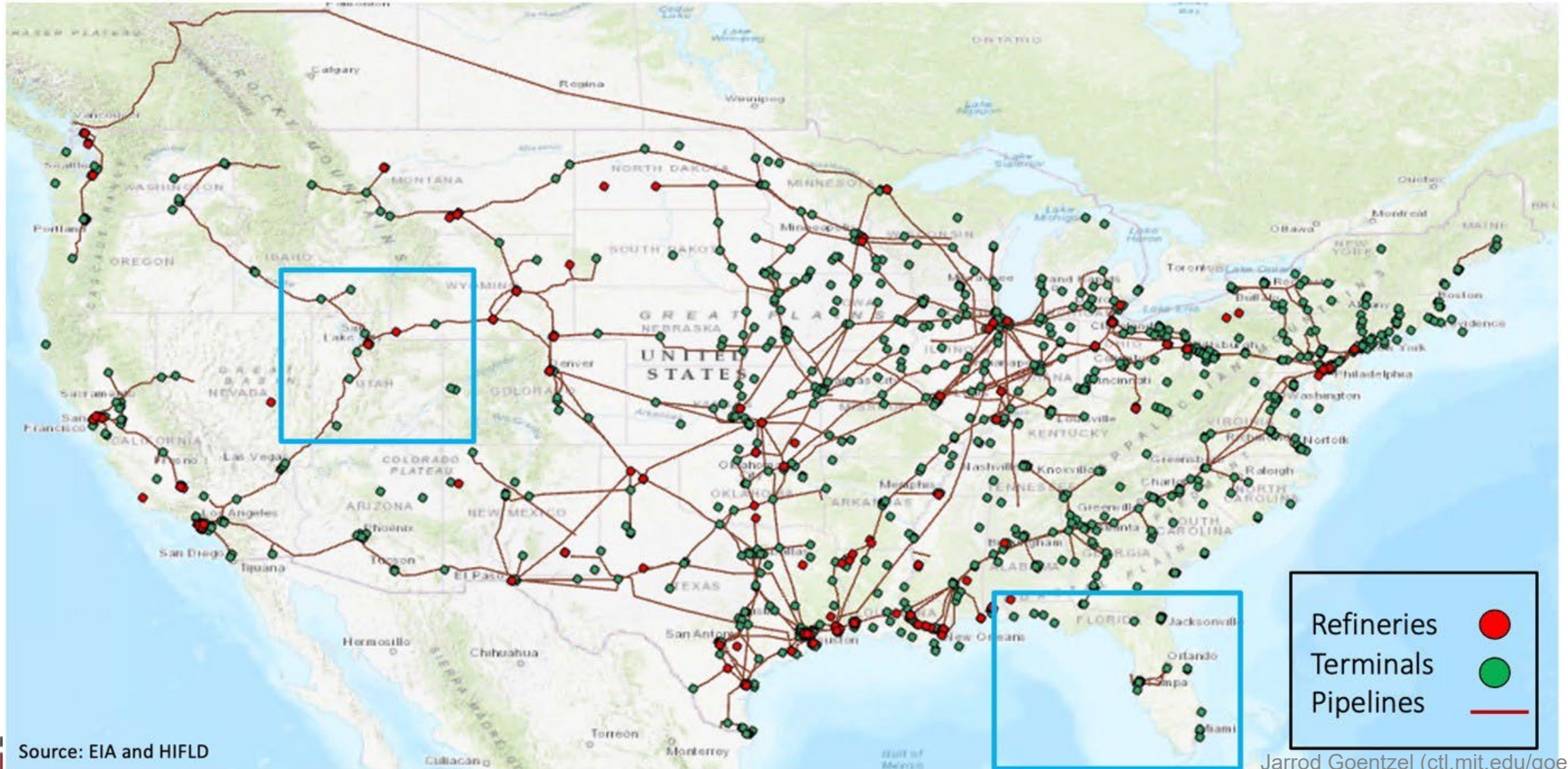
### 5.2 Lever Summaries

Below are summaries of the 43 levers assessed. This list is not meant to be exhaustive, but represents a broad range of levers available to public and private sector actors in the fuel supply chain.

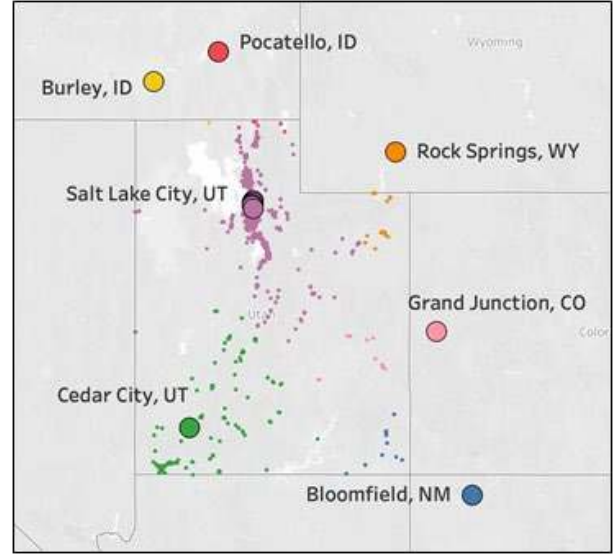
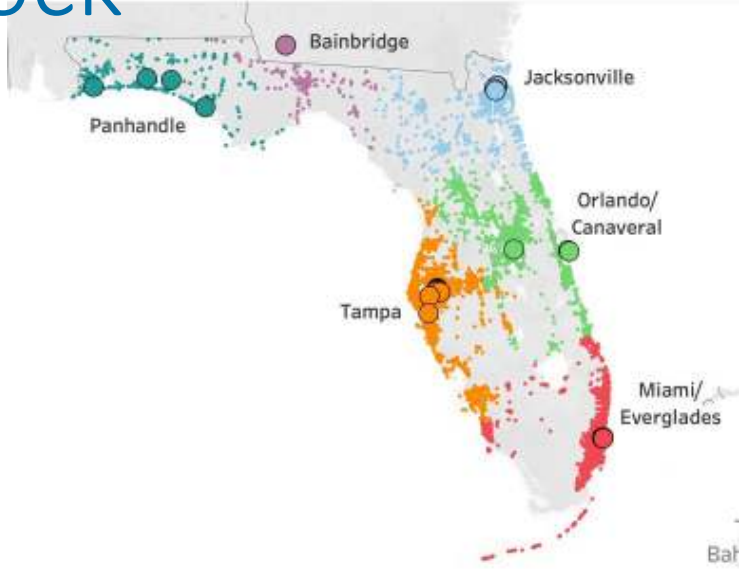
#### 1. Interstate Hours of Service Waiver

Attribute	Description
<b>Actor</b>	DOT – Federal Motor Carrier Safety Administration (FMCSA)
<b>Background</b>	Hours of service apply to drivers of commercial motor vehicles. Interstate commerce refers to the transfer of goods, services, people across state borders.
<b>Standard requirements</b>	<p><a href="#">Set by the FMCSA</a>, including:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 11 Hour Drive Limit: 11 hours max drive time after 10 consecutive hours off duty</li> <li>• 14 Hour Rule: 14-hour window – may not drive beyond 14<sup>th</sup> hour after coming on duty</li> <li>• 30 min breaks after 8 hours of driving</li> <li>• 70 Hour Rule: 70 hours in 8 days, or 60 hours in 7 days is the total time spent driving and on-duty</li> <li>• 34 Hour Restart: After 60 hours in 7 days or 70 hours in 8 days driver must be off duty 34 hours to drive again</li> </ul>
<b>Action</b>	FMCSA can waive the interstate hours of service restrictions. Regional waivers are more impactful, as they give flexibility to, for example, allow trucks to refuel in another state and travel in to an affected area.
<b>Historic Use</b>	<p><a href="#">May 9 Emergency Declaration related to Colonial Pipeline system</a>: Granted relief from Parts 390 through 399 of Title 49 Code (Part 395 is related to waiver of hours of service limits) for those carriers providing direct assistance transporting gasoline, diesel, jet fuel, and other refined petroleum products into the Affected States, and was <a href="#">subsequently modified</a> May 12 to include additional states. The declaration <a href="#">was expanded May 26</a> for those carriers providing direct assistance hauling medical supplies, food, paper products, raw materials related to the national emergency.</p> <p><i>This is an example of recent use; however, these waivers are frequently granted following natural disasters, including hurricanes, prolonged cold weather, etc. <a href="#">FMCSA maintains records of current and past waivers.</a></i></p>
<b>Time Horizon</b>	Short-term
<b>Impact</b>	Based on Florida and Utah models and assumptions, hours of service waivers increase surge capacity 49% to 67% over normal operations by allowing trucks to complete more trips per day.
<b>Limitations/caveats</b>	Emergency declaration should include items/identify elements NOT being granted emergency relief like the May 26, 2021 COVID Emergency Declarations (i.e., carriers not requiring fatigued drivers that request rest to continue to operate). Drivers still need appropriate rest for safety, and drivers (or their employers) may not be willing or able to work an extreme number of hours.
<b>Political consideration</b>	Yes, demonstrates Federal action
<b>Enabling/Operational</b>	Enabling
<b>Source(s)</b>	Links included above <span style="float: right;">Jarrod Goentzel (<a href="http://ctl.mit.edu/goentzel">ctl.mit.edu/goentzel</a>)</span>

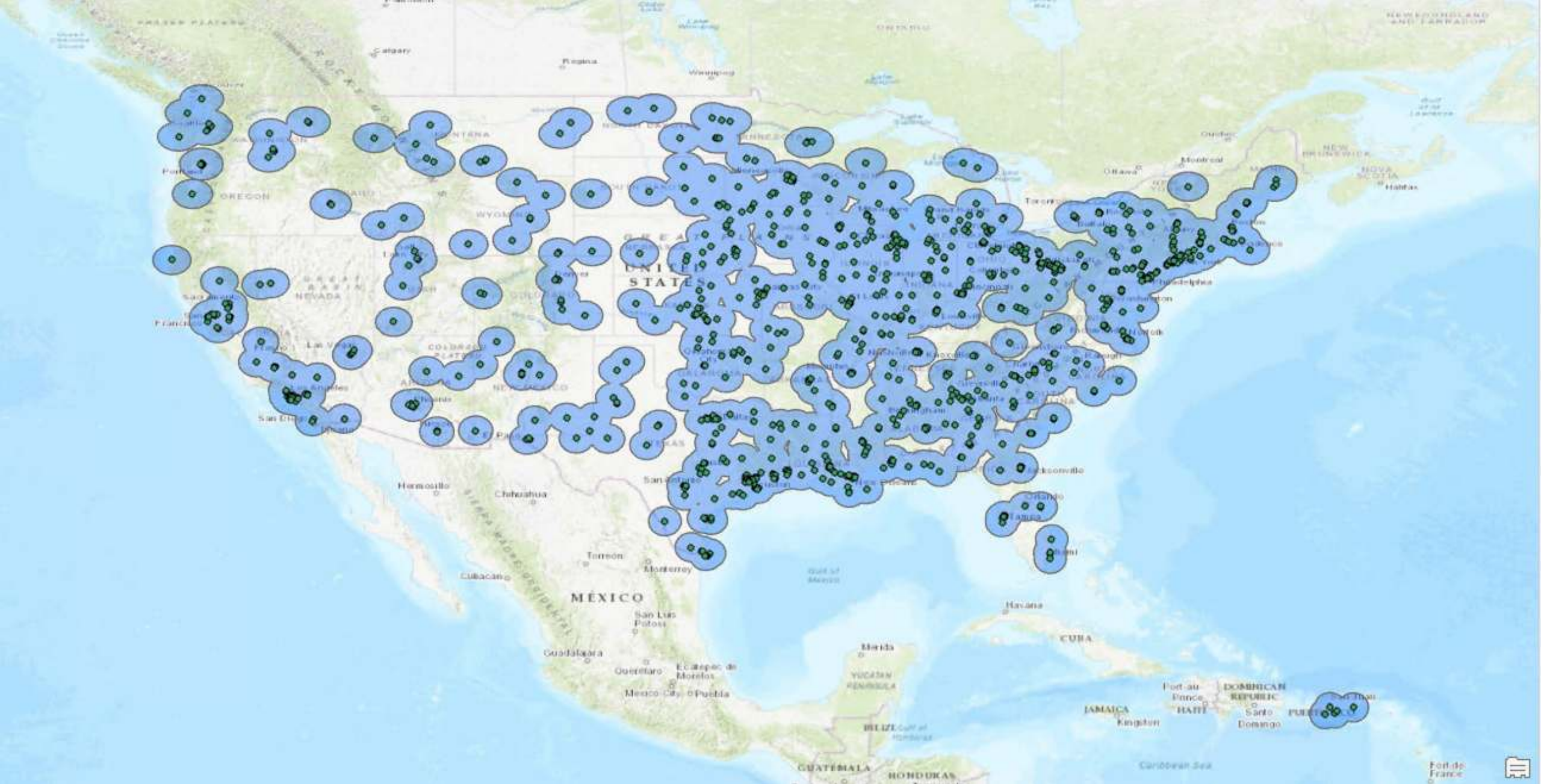
# Études de cas



# Capacité d'appoint pour le dernier kilomètre si les terminaux ont du stock

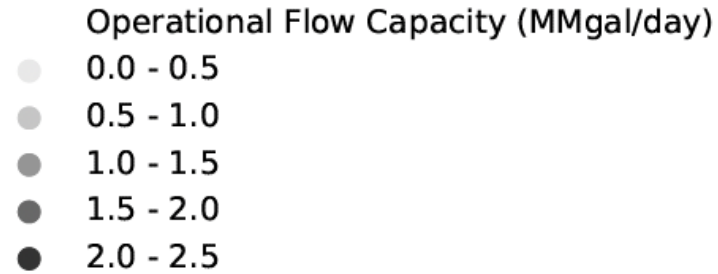


Lever Status					Simulation Results - Surge Capacity			
Gate Rate	Bay Rate	Speed	Fleet Size	Hours of Service	FL Nominal	FL No Tampa	UT Nominal	UT No SLC
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	136%			
Normal	Normal	Normal	Normal	High	186%			
High	High	High	High	High	247%			



Zone tampon bleue de 50 miles autour des terminaux.

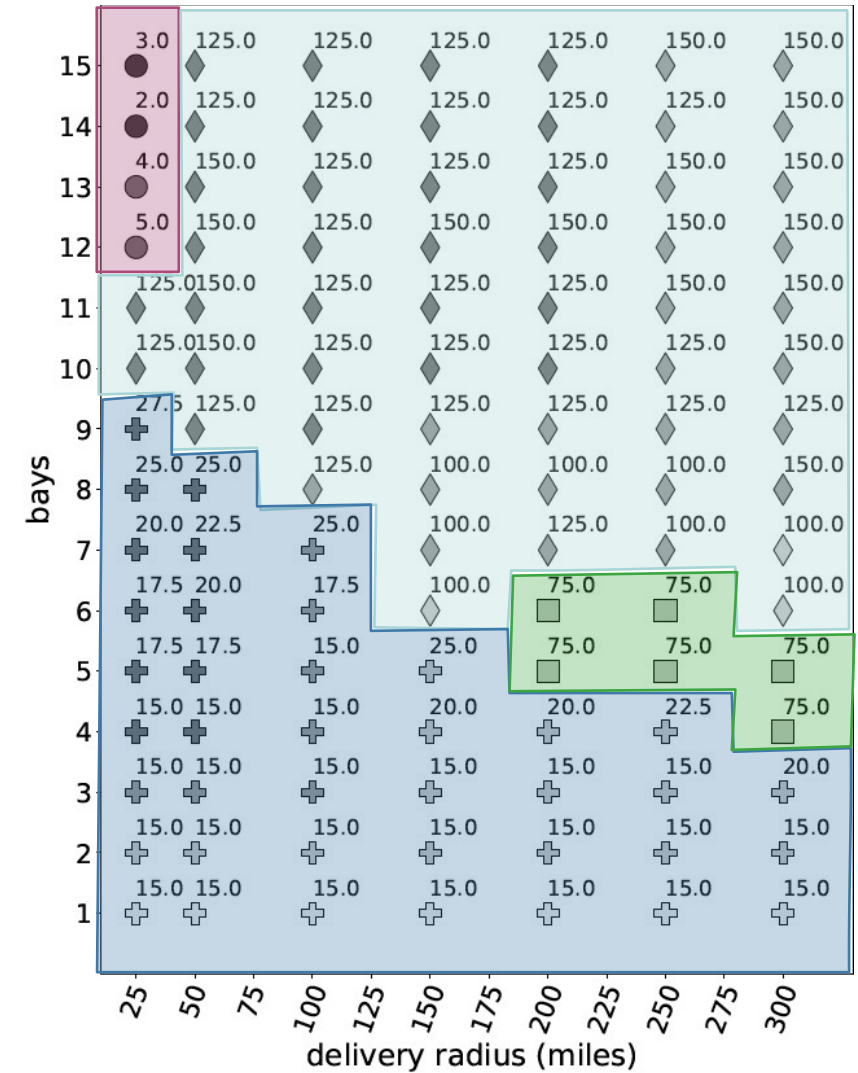
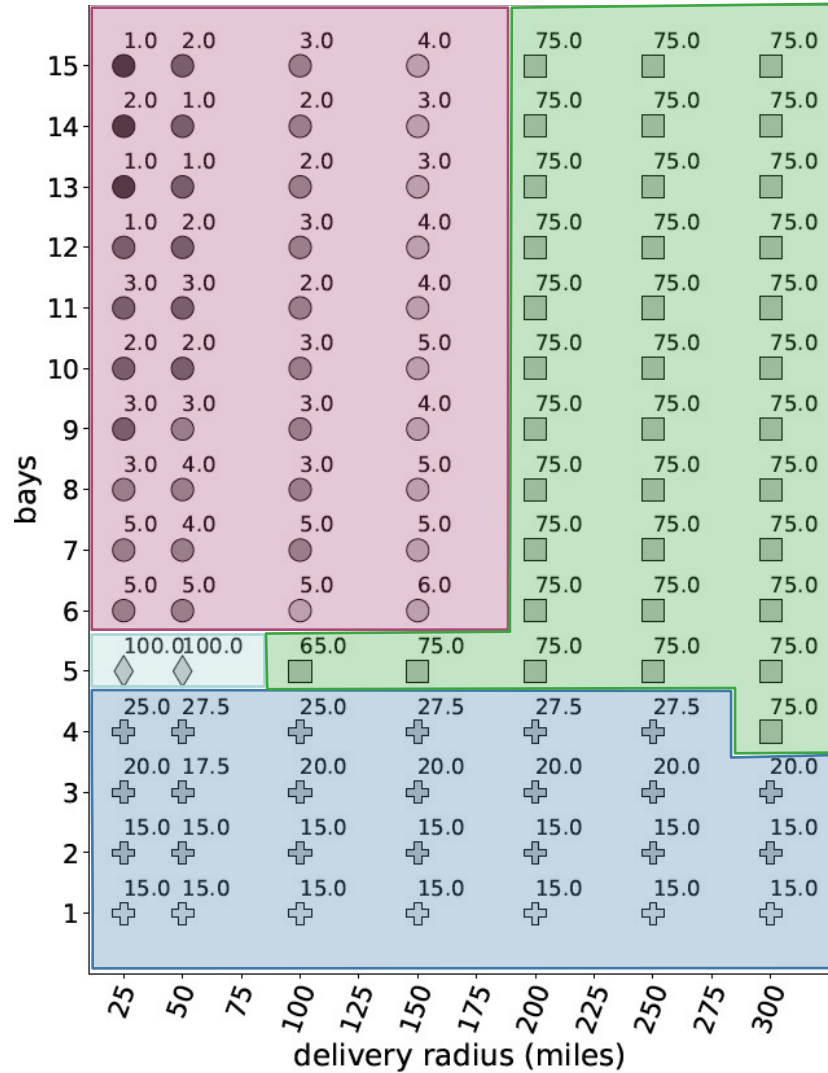
# Guidage du levier par type de terminal



Valeurs de référence

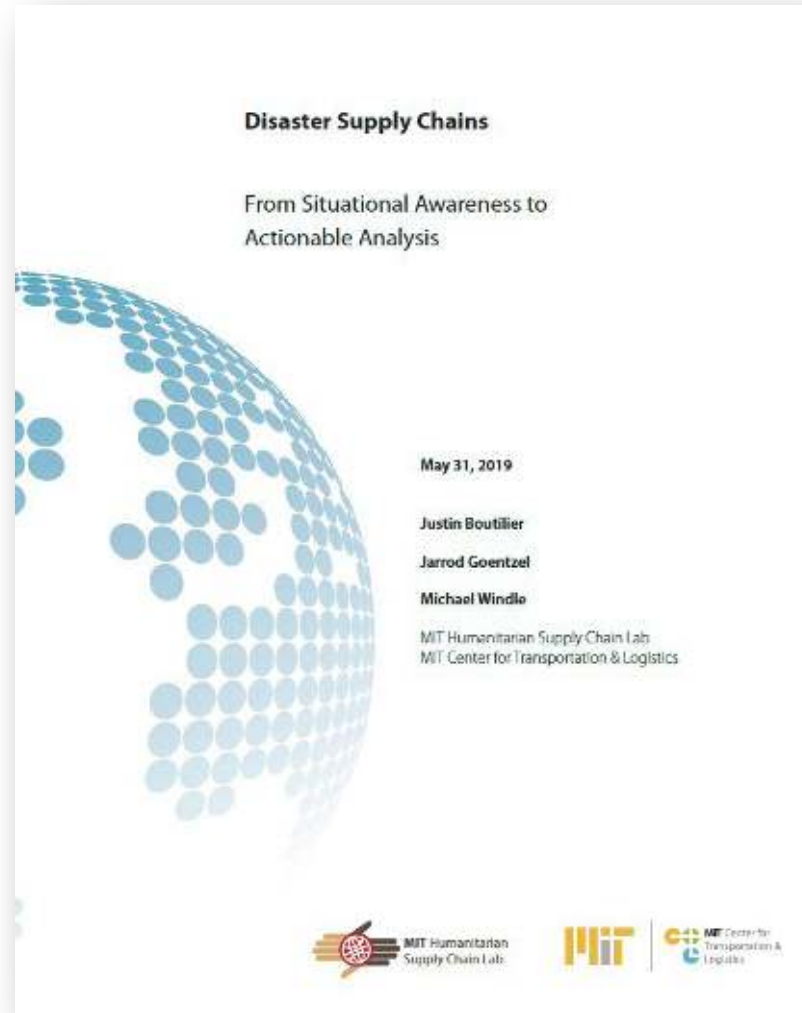
Durée d'arrivée	60 min.
Durée de stationnement	38,5 min.
Vitesse du camion	49,5 miles/h
Taille du parc de véhicules	50 camions

MIT Humanitarian Supply Chain Lab



# Pour plus d'informations

Prochainement : Rana, S., Russell, T., Boutilier, J., et Goentzel, J. « Modeling Operational Flow Capacity and Evaluating Disaster Interventions for Downstream Fuel Distribution » *Production and Operations Management* est en train d'être légèrement modifié.



Source : MIT Humanitarian Supply Chain Lab, MIT Center for Transportation & Logistics. (2019). *Disaster Supply Chains: Moving from Situational Awareness to Actionable Analysis*. Cambridge, MA : Boutilier, J., Goentzel, J., & Windle, M. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/127186>

MIT Humanitarian Supply Chain Lab

**National Fuel Ecosystem Assessment**  
Prepared for FEMA as part of the SCAN learn

This document presents a summary of the National Fuel Ecosystem Assessment ("the study") performed by the Supply Chain Analysis Network (SCAN). SCAN is a team of supply chain subject matter experts, including the MIT Humanitarian Supply Chain Lab, that supports FEMA with real-time analysis in the event of disasters or other supply chain disruptions, and systemic analysis during non-disaster times.

**Summary of work**  
The study focused on the US Fuel Ecosystem, specifically diesel and gasoline networks in the **downstream** segments of the fuel supply chain: from **refinery-to-terminal ("middle mile")** and **terminal-to-customer ("last mile")**. The Department of Energy, the Cybersecurity and Infrastructure Security Agency, and others closely monitor the upstream and midstream segments of the supply chain, and those segments – particularly refining capacity – have shown to be remarkably resilient during major disasters. Issues often arise in the downstream segments of the supply chain. The study included three sections, which built on each other:

1

System Description

Defining and describing the US Fuel System with a concentration on the downstream end of the fuel supply chain.

2

Policy and Operational Levers

Identifying and analyzing the dynamics of the US fuel system and the levers that could be available to the federal government and private sector partners to address disruptions in the fuel supply chain.

3

Scenarios

Scenarios that exemplify disruptions in the fuel supply chain from refinery to last mile, suggest levers that can be applied to mitigate the impacts of the disruptions, and, for the Florida and Utah scenarios, model the impacts of levers on flow through the system.

**System Description:** The last mile is similar across most geographies – tanker trucks haul fuel locally from terminals to retail fuel stations or commercial tanks at facilities like hospitals. The study highlighted that the structure of middle mile distribution in a given geography is key to understanding how the fuel system can respond to a disruption. For example, in areas where the supply chain is optimized around a middle mile pipeline and not near port facilities that are equipped to handle fuel tankers, tanker trucks do not have the capacity to replace pipeline flow. Replacing the flow of the Colonial pipeline would require 11,500 large tanker trucks each day. On the other hand, areas that are near both

Mode of Transportation	Fuel Transportation Capacity
Small tanker truck "bobtail"	3,500 gallons
Large tanker truck	9,100 gallons
Railroad tanker	30,000 gallons
Medium-range tanker ship	8-15 million gallons
Long-range tanker ship	15-26 million gallons
Colonial Pipeline	105 million gallons per day

MIT Humanitarian Supply Chain Lab | [humanitarian.mit.edu](http://humanitarian.mit.edu) | [humanitarian@mit.edu](mailto:humanitarian@mit.edu)

The background, points-of-view, and opinions expressed in this document do not necessarily represent the positions or policies of the Department of Homeland Security or the Federal Emergency Management Agency.

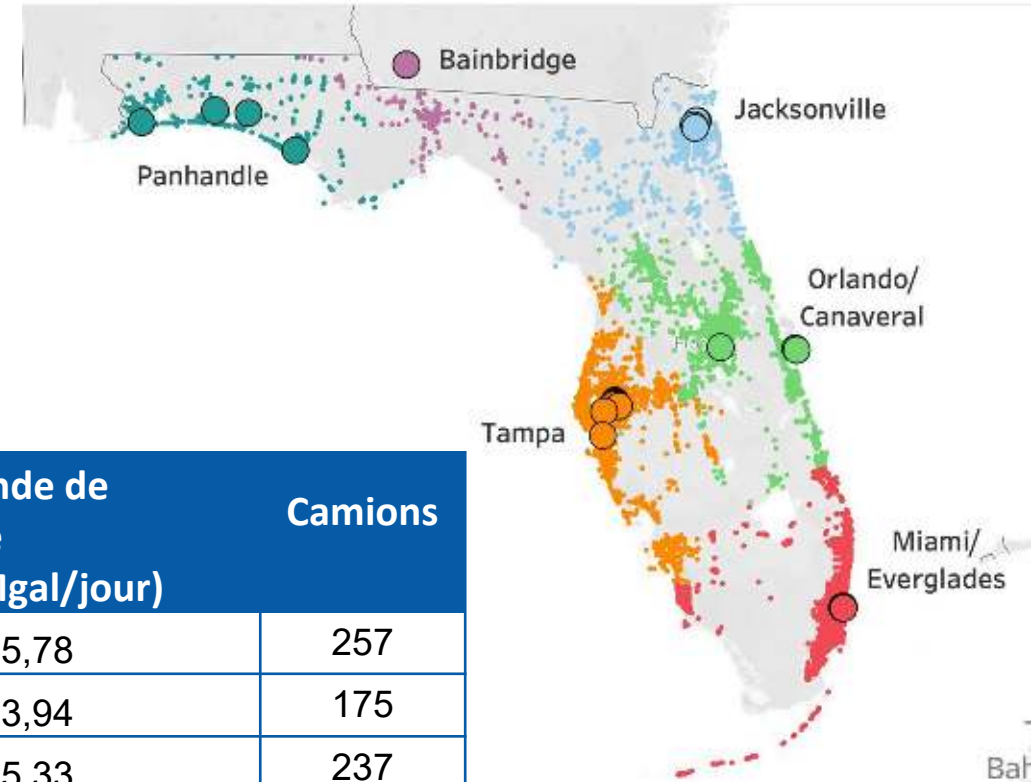
<https://dspace.mit.edu/handle/1721.1/126769>

# Diapositives de sauvegarde

# Floride : Capacité d'augmentation + ouragan de Tampa

La fréquence des ouragans en Floride rend le réseau de distribution d'essence en aval vulnérable aux hausses de la demande et aux contraintes de capacité. Nous avons mesuré sa capacité à répondre à une forte demande et les effets de ces leviers pour améliorer le service. En outre, nous avons inclus une analyse dans laquelle Port Tampa est mis hors ligne afin d'étudier les impacts systémiques d'un tel résultat.

Last Mile Service Network for Florida



Leviers	ICP
Taux de passage	Capacité d'augmentation
Taux de stationnement	Temps d'attente à l'entrée
Vitesse du camion	Durée du trajet
Taille du parc de véhicules	Voyages / jour
Heures de service	

Groupe	Demande de base (MMgal/jour)	Camions
Tampa	5,78	257
Panhandle	3,94	175
Orlando/Canaveral	5,33	237
Miami	4,87	216
Jacksonville	2,15	96
Bainbridge	1,22	54
<b>Total</b>	<b>23,29</b>	<b>1 035</b>

# Floride : Leviers du transport > leviers du terminal ; les OHS sont

## cruciaux

- Système nominal**
- Le système répond à une demande de pointe supérieure de 36 % à la demande de base (conditions normales).
  - Pendant les tempêtes, le système fonctionne moins bien et peut répondre à une demande à peine supérieure au niveau de base.
  - Les heures de service sont les plus efficaces, augmentant la capacité de pointe pour atteindre 85,66 % par rapport au niveau de référence.
  - La combinaison des leviers permet au système de satisfaire plus du double de la demande d'utilisation finale.
- | Pas Tampa**
- Avec l'interdiction à Tampa, les terminaux d'Orlando fournissent 99 % des stations de Tampa.
  - Lorsque Tampa est fermé, le système de l'État ne peut pas répondre à la demande de base
  - Orlando ne peut répondre qu'à 44,78 % de la demande combinée (non indiqué sur le graphique)
  - Ainsi, la Floride doit planifier le rationnement et l'approvisionnement en carburant à partir de terminaux éloignés lorsqu'un groupe de terminaux ferme.

**Système nominal**

Taux de passage	Taux de stationnement	Rapidité	Taille du parc de véhicules	SdH	Capacité de surtension	Temps d'attente à l'entrée (heures)	Durée du trajet (heures)	Voyages par jour
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	136,0%	0,63	4,49	2,24
Faible	Faible	Normal	Normal	Normal	119,9%	0,98	3,98	2,01
Normal	Normal	Faible	Faible	Normal	110,0%	0,17	5,67	2,27
Faible	Faible	Faible	Faible	Normal	101,8%	0,39	5,19	2,10
Élevé	Normal	Normal	Normal	Normal	141,6%	0,48	4,67	2,33
Normal	Élevé	Normal	Normal	Normal	148,3%	0,47	4,90	2,44
Normal	Normal	Élevé	Normal	Normal	142,3%	0,74	3,95	2,35
Normal	Normal	Normal	Élevé	Normal	145,0%	0,99	4,03	2,01
Normal	Normal	Normal	Normal	Élevé	185,7%	0,70	6,32	3,06
Élevé	Élevé	Normal	Normal	Normal	160,0%	0,20	5,27	2,65

**| Pas Tampa**

Taux de passage	Taux de stationnement	Rapidité	Taille du parc de véhicules	SdH	Capacité de surtension	Temps d'attente à l'entrée (heures)	Durée du trajet (heures)	Voyages par jour
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	96,8%	1,38	3,55	1,88
Élevée	Normal	Normal	Normal	Normal	102,3%	1,27	3,59	1,91
Normal	Élevé	Normal	Normal	Normal	107,7%	1,14	3,89	2,07
Normal	Normal	Élevé	Normal	Normal	99,7%	1,47	3,07	1,94
Normal	Normal	Normal	Élevé	Normal	100,4%	1,75	3,26	1,72
Normal	Normal	Normal	Normal	Élevé	131,7%	1,71	4,46	2,30
Élevé	Élevé	Normal	Normal	Normal	120,3%	0,96	3,99	2,10
Normal	Normal	Élevée	Élevé	Élevé	138,0%	2,33	3,44	2,15

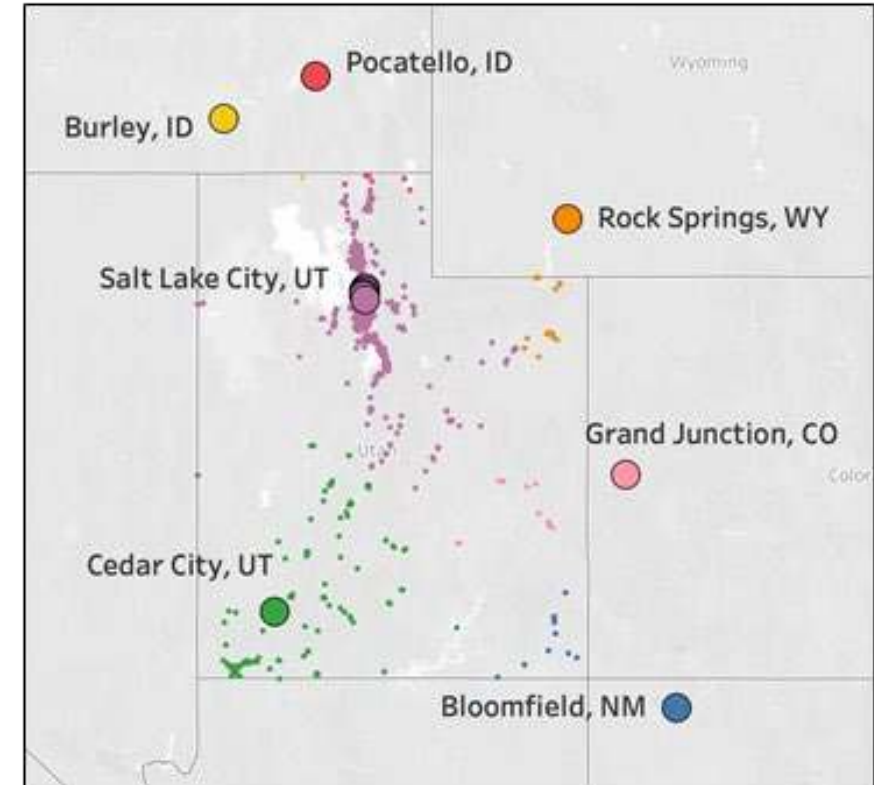
# Utah : envisager un tremblement de terre le long de la faille de Wasatch

Le réseau de distribution d'essence en aval de l'Utah est vulnérable aux tremblements de terre. Nous avons mesuré sa capacité à répondre à une forte demande et les effets de ces leviers pour améliorer le service. En outre, nous avons inclus une analyse dans laquelle la faille de Wasatch se rompt et la capacité de la raffinerie est mise hors service à SLC afin d'étudier l'impact systémique.

Leviers
Taux de passage
Taux de stationnement
Vitesse du camion
Taille du parc de véhicules
Heures de service

ICP
Capacité d'augmentation
Temps d'attente à l'entrée
Durée du trajet
Voyages / jour

Groupe	Demande de base dans l'Utah (MMgal/jour)	Camions
Salt Lake City	2,63	179
Cedar City	0,64	44
Rock Springs	0,08	6
Grand Junction	0,07	5
Bloomfield	0,05	4
Pocatello	0,02	2
Burley	0,01	1
<b>Total</b>	<b>3,50</b>	<b>241</b>



# Analyse de l'Utah

Systeme nominal

- L'Utah a une demande comparativement plus faible que la Floride, ce qui se traduit par une capacité de pointe plus élevée.
- Salt Lake City (groupe de terminaux) peut répondre à près du double de la demande de base dans des conditions normales et jusqu'à trois fois la demande de base lorsque tous les leviers sont actionnés.
- Les leviers relatifs aux heures de service sont les plus efficaces.

Pas de SLC

- Lorsque Salt Lake City est interdite, le système est largement compromis.
- Avec tous les leviers, les autres terminaux ne peuvent satisfaire que la moitié de la demande de base de l'Utah.
- Les distances étant importantes, les camions ne peuvent pas effectuer suffisamment de trajets par jour.
- Pour les systèmes en aval qui dépendent fortement d'un groupe terminal central, l'interdiction constitue une menace plus importante pour le débit et il devient important de trouver d'autres sources d'approvisionnement.

Systeme nominal

Taux de passage	Taux de stationnement	Rapidité	Taille de la flotte	SdH	Capacité de surtension	Temps d'attente à l'entrée (heures)	Durée du trajet (heures)	Voyages par jour
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	178,9%	0,05	5,26	2,89
Faible	Faible	Normal	Normal	Normal	161,8%	0,30	4,74	2,61
Normal	Normal	Faible	Faible	Normal	127,7%	0,01	5,8	2,61
Faible	Faible	Faible	Faible	Normal	124,9%	0,04	5,56	2,56
Élevée	Normal	Normal	Normal	Normal	183,1%	0,02	5,38	2,95
Normal	Élevée	Normal	Normal	Normal	186,8%	0,04	5,53	3,01
Normal	Normal	Élevée	Normal	Normal	192,0%	0,11	4,78	3,10
Normal	Normal	Normal	Élevée	Normal	201,0%	0,23	4,90	2,73
Normal	Normal	Normal	Normal	Élevé	247,3%	0,05	7,45	3,99
Élevé	Élevé	Normal	Normal	Normal	196,0%	0,01	5,63	3,16

Pas de SLC

Taux de passage	Taux de stationnement	Rapidité	Taille de la flotte	SdH	Capacité de surtension	Temps d'attente à l'entrée (heures)	Durée du trajet (heures)	Voyages par jour
Normal	Normal	Normal	Normal	Normal	27,9%	0,16	6,46	1,14
Élevé	Normal	Normal	Normal	Normal	28,7%	0,11	6,55	1,17
Normal	Élevé	Normal	Normal	Normal	28,9%	0,14	6,78	1,18
Normal	Normal	Élevé	Normal	Normal	33,0%	0,14	6,23	1,35
Normal	Normal	Normal	Élevé	Normal	31,4%	0,24	6,43	1,14
Normal	Normal	Normal	Normal	Élevé	38,5%	0,14	8,83	1,57
Élevé	Élevé	Normal	Normal	Normal	28,9%	0,06	6,75	1,18
Normal	Normal	Élevée	Élevé	Élevé	48,4%	0,22	8,29	1,76
Élevée	Élevé	Élevé	Élevé	Élevé	50,2%	0,06	8,77	1,82