

# RAPPORT

CETE  
Normandie Centre

DITM  
Département des  
Infrastructures de  
Transport  
Multimodales

Groupe  
Exploitation de la route  
Simulation dynamique  
Météologie

Novembre 2011

# Rapport d'avancement sur l'Éco-index



Ressources, territoires, habitats et logement  
Énergie et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir



Ministère de l'Écologie, du Développement durable,  
des Transports et du Logement

[www.cete-normandie-centre.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cete-normandie-centre.developpement-durable.gouv.fr)

## Historique des versions du document

Version	Auteur	Commentaires
Version 1	Alexandre Hublart	Relecture Eric VIOLETTE, Peggy SUBIRATS, Cyrille LE LEZ
Version 2	A.Hublart ; C.Le Lez	
Version 3	A.Hublart	Relecture Guillaume SAINT-PIERRE, Cindie ANDRIEU

## Affaire suivie par

- Département des Infrastructures de Transport Multimodales - GESM -
Tél. 02 65 68 81 35 / fax 02 35 68 81 23
Mél. <a href="mailto:Alexandre.hublart@developpement-durable.gouv.fr">Alexandre.hublart@developpement-durable.gouv.fr</a>

## Référence Internet

<a href="http://www.cete-normandie-centre.developpement-durable.gouv.fr">http://www.cete-normandie-centre.developpement-durable.gouv.fr</a>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## Table des matières

<i>Introduction et contexte</i> .....	7
<i>1. Présentation de l'étude</i> .....	11
1.1. Élaboration d'expression de la probabilité d'être en éco-conduite.....	11
1.2. Véhicule expérimental : VACC2 .....	17
1.3. Axe routier étudié : Yvetot – La Mailleraye.....	19
1.4. Protocole expérimental.....	21
<i>2. Analyse thématique de l'éco-index</i> .....	23
2.1. Eco-index sur trois conduites différentes (économique, normale, excessive).....	23
2.2. Eco-index sur l'ensemble du panel de conducteurs .....	29
2.3. Eco-index sur les points remarquables .....	31
2.3.1. Les giratoires .....	31
2.3.2. Les changements de limitation de vitesse .....	33
2.3.3. Eco-index sur la rampe.....	35
2.3.4. Eco-index en présence d'un radar fixe .....	37
2.3.5. Bilan des impacts de certains aménagements sur l'éco-index.....	39
2.4. Comparaison de l'éco-index selon deux modèles : simplifié et complexe .....	41
<i>3. Analyse critique de l'éco-index</i> .....	45
3.1. Fenêtres : un paramètre non négligeable .....	45
3.2. Consommation de carburant et éco-index .....	49
<i>4. Conclusions</i> .....	51
<i>5. Perspectives</i> .....	53
<i>Annexes</i> .....	55



## Table des figures

Figure 1 : Véhicule d'Analyse du Comportement du Conducteur (VACC2).....	16
Figure 2 : Itinéraire étudié : Axe routier Yvetot La Mailleraye.....	18
Figure 3 : Eco-index de 3 conduites différentes sur l'ensemble de l'itinéraire.....	22
Figure 4 : 3 conduites différentes sur le Pont de Brotonne .....	24
Figure 5 : Eco-index et vitesse de l'ensemble des conducteurs .....	28
Figure 6 : Eco-index et vitesse type sur giratoire .....	30
Figure 7 : Vitesse et éco-index moyen du panel sur l'ensemble de l'itinéraire.....	32
Figure 8 : Eco-index et vitesse moyenne sur la rampe .....	34
Figure 9 : Eco-index et vitesse moyenne au passage d'un radar fixe.....	36
Figure 10 : Eco-index calculée sur 3 conduites différentes selon deux modèles différents (complexe et simplifiée).....	40
Figure 11 : Eco-index calculé sur 2 conducteurs aléatoire selon deux modèles différents (complexe et simplifiée).....	42
Figure 12 : Eco-index selon le choix des fenêtres.....	44
Figure 13 : Schéma des fenêtres utilisées dans le cadre de cet itinéraire .....	46
Figure 14 : Dispersion de la consommation moyenne en fonction de l'éco-index lors d'une conduite excessive ( <i>en haut</i> ), conduite normale ( <i>au centre</i> ) et en conduite économique ( <i>en bas</i> ) .....	48



## Introduction et contexte

Dans le cadre de l'action 5 de l'opération SERRES, le CETE NC a été chargé d'appliquer et d'évaluer l'indicateur d'éco-conduite « Eco-index » élaboré par l'IFSTTAR/LIVIC.

### *Rappel du projet : Solutions pour une Exploitation Routière Respectueuse de l'Environnement la Sécurité (SERRES)*

L'opération SERRES a pour ambition de produire des recommandations et des solutions permettant de limiter l'empreinte environnementale de la circulation routière à travers 3 axes :

- L'exploitation des trafics par la gestion dynamique de l'espace routier (action 2)
- Le comportement collectif par l'optimisation de la conception du système routier (action 4)
- Le comportement individuel par le développement de système d'aide à la **conduite écologique** (action 5)

En parallèle et en support, elle a par ailleurs pour ambition d'améliorer les méthodes de mesure de la mobilité routière et des nuisances qui y sont associées (action 1), et de faire progresser les méthodologies d'analyse et d'évaluation des effets des projets d'aménagement routiers ou d'exploitation du trafic sur les impacts sociaux (exploitation, sécurité et acceptabilité) et environnementaux de la circulation routière (action 3).

### *Détail de l'action 5 : L'éco-conduite*

L'objectif de cette action portant sur la conduite éco-responsable est d'étudier les moyens nécessaires à sa mise en œuvre la plus large possible. Pour cela il faut l'étudier et en connaître les caractéristiques, mais aussi comprendre comment aider le conducteur dans sa démarche d'économie d'énergie.

Une grande partie des travaux proposés concerne donc l'étude des différentes possibilités de système d'assistance pour l'éco conduite autant en termes de types d'informations à donner aux conducteurs que d'IHM (interface homme-machine).

Un autre aspect de cette action concerne l'étude des paramètres déterminants de l'éco-conduite, que cela soit au niveau du véhicule, de la façon dont il est conduit, comme au niveau de l'infrastructure elle-même. En effet, une partie des travaux sera dédiée à l'étude des infrastructures permettant de favoriser les économies de carburant, et une autre à la conception d'un indicateur agrégé caractérisant une conduite économe.

Les résultats finaux se traduiront par un prototype final d'aide à l'éco-conduite (en simulation dans un premier temps), qui pourra éventuellement être testé en conditions réelles. Une analyse coût-bénéfice de quelques cas précis d'aménagements routiers, ainsi que du système en lui même sera aussi menée.



***But du présent rapport :***

L'objectif est d'évaluer l'éco-index grâce aux données enregistrées par un véhicule instrumenté (*Véhicule d'Analyse du Comportement du Conducteur VACC2*) sur un itinéraire.

Dans cette étude, l'évaluation de l'éco-index se fera avec un véhicule, un itinéraire ainsi qu'un panel différent de ceux utilisés lors de l'élaboration des modèles.

Le groupe exploitation, simulation et métrologie du CETE Normandie Centre est depuis 2009 concentré sur un projet de modernisation d'un axe routier. Cet axe appelé « *Axe Yvetot La Mailleraye* » fait l'objet de nombreuses actions entreprises par le département de La Seine-Maritime afin de sécuriser cet axe emprunté quotidiennement par près de 10000 usagers.

Ce rapport se décompose en trois grandes parties :

- Présentation de l'étude :
  - Modèle de prédiction de la probabilité d'être en éco-conduite
  - Véhicule expérimental : VACC2 (Véhicule d'Analyse du Comportement du Conducteur)
  - Itinéraire étudié : Axe Yvetot La Mailleraye
  - Protocole expérimental mis en place
  
- Analyse des résultats :
  - Sur trois types de conduite différentes (conduite économique, conduite normale, conduite excessive)
  - Sur l'ensemble de l'itinéraire étudié
  - Sur les points remarquables de cet itinéraire (giratoire, virage, rampe)
  - Comparaison des éco-index déterminés avec formule élaboré et avec formule simplifié.
  
- Analyse critique de l'éco-index
  - Impact des infrastructures
  - Comparaison entre éco-index et consommation carburant

Dans la dernière partie de ce rapport, nous clôturerons sur les points forts et points faibles de l'éco-index, les objectifs à venir pour ces prochaines années et notamment l'élaboration d'une application sur Smartphone permettant d'assister en temps réel tout usager soucieux de rendre sa conduite plus économique (volet 5.5 du projet SERRES).



# 1. Présentation de l'étude

## 1.1. *Élaboration d'expression de la probabilité d'être en éco-conduite*

Cette sous-partie présente le modèle de prédiction de la probabilité d'être en situation d'éco-conduite. Ces modèles ont été élaborés par G.SAINT-PIERRE et C.ANDRIEU<sup>1</sup> à partir d'une expérience destinée à évaluer les effets de consignes d'éco-conduite. Chaque conducteur effectuait deux fois le même trajet en suivant les consignes ou non. Le modèle mis au point a pour objectif de prédire la variable binaire "Trajet" qui prend la valeur 0 lorsque le trajet a été effectué avec une conduite normale (noté "normal"), et la valeur 1 lorsque le trajet a été effectué avec une conduite économique (noté "éco").

Afin d'éviter des problèmes de multicolinéarité, une étape supplémentaire de sélection de variable a été menée. Le LIVIC a donc finalement isolé cinq variables indépendantes parmi une liste d'indicateurs candidats, reliées à la consommation de carburant, et aisément interprétables. Ce sont les suivantes :

- *MeanPosAcc* : Moyenne de pourcentage d'enfoncement de la pédale d'accélérateur
- *TempsArrete* : % de temps de trajet passé à l'arrêt
- *TempsFreinMoteur* : % de temps passé en frein moteur (vitesse > 0 et pas de pression de sur la pédale d'accélérateur)
- *PKE* : Positive Kinetic Energy :

$$PKE = \frac{\sum (v_f^2 - v_i^2)}{x} \text{ quand } \frac{dv}{dt} > 0$$

$v_f$  : vitesse finale sur chaque intervalle de temps pour lequel  $\frac{dv}{dt} > 0$

$v_i$  : vitesse initiale

$x$  : distance totale parcourue

*FreinageParKm* : Nombre de freinages par Km

Le modèle a été obtenu par régression logistique, qui est une méthode appropriée lorsque la variable de réponse Y n'est pas quantitative mais qualitative ou catégorielle. La régression logistique a été effectuée avec les cinq variables explicatives issues du modèle de prédiction de la consommation moyenne. Le modèle ainsi obtenu à l'aide de la procédure LOGISTIC du logiciel SAS est le suivant :

$$\text{Logit} [ P [\text{Trajet} = \text{Eco} \mid \Theta ] ] = 38.581 - 1.432 \times \text{MeanPosAcc} - 0.855 \times \text{TempsArrete} + 0.138 \times \text{TempsFreinMoteur} - 44.702 \times \text{PKE} - 2.961 \times \text{FreinageParKm} \quad [1]$$

où le paramètre  $\Theta$  désigne [*MeanPosAcc*, *TempsArrete*, *TempsFreinMoteur*, *PKE*, *FreinageParKm*] et où la fonction logit est définie par :

$$\text{logit}(p) = \log\left(\frac{p}{1-p}\right)$$

<sup>1</sup> « Caractérisation de l'éco-conduite et construction d'un indicateur dynamique pour véhicules thermiques », G.SAINT-PIERRE C.ANDRIEU, PRAC 2010



Sur les données collectées lors de l'élaboration, le coefficient  $R^2$  (coefficient de détermination) de ce modèle est égal à 0.608 avec une forte influence de la variable PKE. Ainsi la probabilité d'être en éco-conduite baisse fortement dès que la variable PKE augmente.

Ce premier modèle a été présenté lors de PRAC 2010 mais n'intégrait pas le paramètre limitation de vitesse. En 2011, quatre nouveaux modèles ont été élaborés en intégrant la limitation de vitesse :

- Zone 30km/h :

$$\text{Logit} [ P [\text{Trajet} = \text{Eco} | \Theta ] ] = -3.6368 + 0.5423 \times \text{MeanPosAcc} + 0.0284 \times \text{TempsArrete} + 0.2424 \times \text{TempsFreinMoteur} - 10.0835 \times \text{PKE} - 0.3764 \times \text{FreinageParKm} \quad [2]$$

- Zone 50km/h :

$$\text{Logit} [ P [\text{Trajet} = \text{Eco} | \Theta ] ] = 0.1384 + 0.2442 \times \text{MeanPosAcc} + 0.0112 \times \text{TempsArrete} + 0.2209 \times \text{TempsFreinMoteur} - 9.4051 \times \text{PKE} - 0.6914 \times \text{FreinageParKm} \quad [3]$$

- Zone 70km/h :

$$\text{Logit} [ P [\text{Trajet} = \text{Eco} | \Theta ] ] = 5.2438 - 0.2467 \times \text{MeanPosAcc} - 0.1320 \times \text{TempsArrete} + 0.0864 \times \text{TempsFreinMoteur} - 7.5678 \times \text{PKE} - 0.6428 \times \text{FreinageParKm} \quad [4]$$

- Zone 90km/h :

$$\text{Logit} [ P [\text{Trajet} = \text{Eco} | \Theta ] ] = 4.2178 - 0.1179 \times \text{MeanPosAcc} - 0.1640 \times \text{TempsArrete} + 0.0741 \times \text{TempsFreinMoteur} - 9.8877 \times \text{PKE} - 0.6567 \times \text{FreinageParKm} \quad [5]$$

De plus, afin d'explorer la possibilité de simplifier le modèle, un second modèle basé uniquement sur la variable PKE a été construit :

$$\text{Logit} [ P [\text{Trajet} = \text{Eco} | \text{PKE} ] ] = 9.910 - 34.558 \times \text{PKE} \quad [6]$$

Avec les données initiales du LIVIC, le coefficient  $R^2$  est égal à 0.465 et le pourcentage de trajets bien classés pour un seuil de 0.5 est de 83.3%. Ce modèle présente l'avantage d'être simple puisqu'il ne dépend que d'une seule variable donc plus facilement calculable et ainsi d'être intégré sur des plateformes communicantes, indépendantes du véhicule.

Ces cinq derniers modèles présentés constituent donc la base de l'étude sur l'éco-conduite. Néanmoins, afin d'obtenir un indicateur aisément compréhensible, la probabilité d'être en situation d'éco-conduite issue du modèle logistique à cinq variables explicatives a été convertie en un nombre compris entre 0 et 100. Ce nombre, appelé « éco-index », est calculé sur la totalité du trajet, et constitue donc un indicateur global. Or, l'objectif de ce projet est de concevoir un système d'aide à l'éco-conduite permettant au conducteur des informations relatives à sa conduite tout au long de son trajet. Partant de l'hypothèse que cet indicateur restait valable sur un intervalle de temps réduit, le LIVIC a testé la possibilité de le calculer sur différentes fenêtres avec d'autres intervalles. Cette version dynamique permet donc de capter les petites variations de conduite et permet ainsi au conducteur d'évaluer lui-même l'impact de ses actions. Pour ainsi calculer l'éco-index, il suffit de prendre la fonction inverse du logit soit :

$$F(x) = \frac{\exp(x)}{1 + \exp(x)} \text{ puis de le multiplier par 100 pour obtenir un pourcentage}$$



Enfin, il est possible de calculer un éco-index total, c'est à dire un indice qui résume l'ensemble de l'itinéraire. Il s'agit de calculer la moyenne pondérée par le pourcentage de distance parcourue sur chaque limitation de vitesse. La formule est donc la suivante :

$$Eco\_Index\_TOT = Eco\_Index\_30 \times \%Dist30 + \dots + Eco\_Index\_90 \times \%Dist90 [7]$$

Les données ont été traitées avec EXCEL<sup>®</sup>. Ce travail s'est révélé particulièrement long. C'est pourquoi, un seul sens de l'itinéraire sera étudié. Le CETE NC envisage d'utiliser un logiciel beaucoup plus efficace pour la suite, de type MATLAB<sup>®</sup>



**Figure 1 : Véhicule d'Analyse du Comportement du Conducteur (VACC2)**

## 1.2. Véhicule expérimental : VACC2

Le CETE Normandie Centre a instrumenté une seconde version du Véhicule d'Analyse du Comportement du Conducteur (VACC) en 2009 (figure 2). Ce véhicule constitue un nouvel outil dans le domaine de la mesure embarquée. C'est une Clio Campus® 1.5 dCI qui intègre des capteurs décrits dans le tableau suivant :

Thématique	Mesure	Unités	Fréquence
Trajectoire	Vitesse	km/h	100 Hz
	Enfoncement de la pédale d'accélérateur	0;1	100 Hz
	Localisation GPS	degrés, minutes, secondes	10 Hz
Dynamique	Cap	Radians / seconde	100 Hz
	Lacet	Radians / seconde	100 Hz
Environnement	Webcam	-	16 Hz
Action conducteur	Position Pédale de frein	0;1	100 Hz
	Clignotants	0 ;1	100 Hz
	Usage des freins	0 ;1	100 Hz
	Passage vitesse	1 ;2 ;3 ;4 ;5	100 Hz
	Usage des phares	0 ;1	100 Hz
Autres	Compte tour moteur	tours / minute	100 Hz
	Consommation Carburant cumulée	mm <sup>3</sup>	100 Hz
	Événement particulier	0 ;1	100 Hz

L'intérêt de ce véhicule est la possibilité de coupler une mesure à une position au mètre près (selon le type de GPS utilisé). Il est ainsi possible de géoreferencer les vitesses pratiquées, la position de la pédale d'accélérateur ou encore le régime moteur.

Itinéraire Yvetot - La Mailleraye

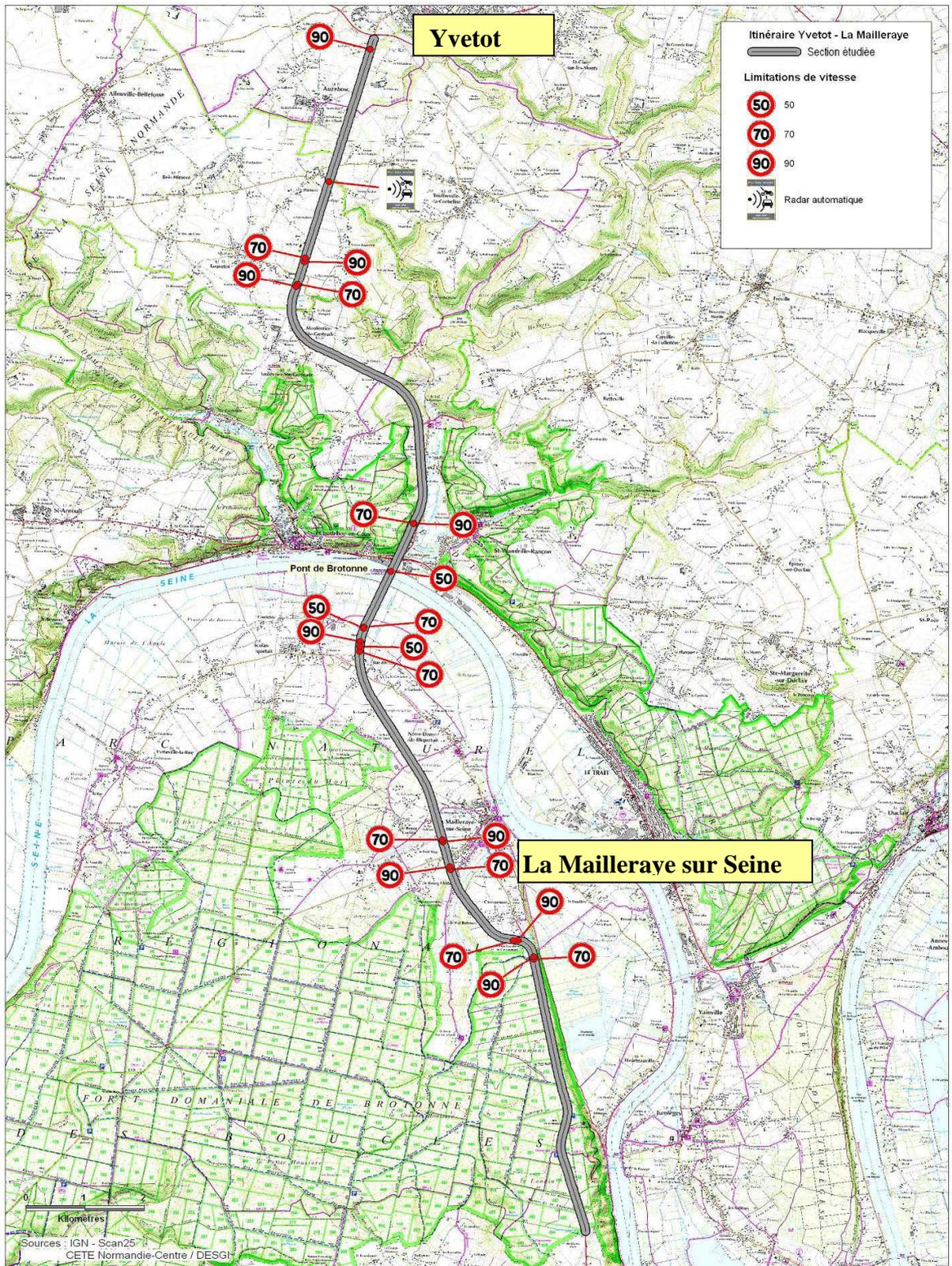


Figure 2 : Itinéraire étudié : Axe routier Yvetot La Mailleraye

### **1.3. Axe routier étudié : Yvetot – La Mailleraye**

Les communes d'Yvetot et de la Mailleraye se situent au Nord Ouest de l'agglomération Rouennaise, en Haute-Normandie. Cet axe mesure près de 24 km sans traverser de zones urbaines. Ce parcours, décrit en *figure 1*, fait l'objet de plusieurs projets et notamment la mise en place de nouveaux aménagements et d'une modification de la limitation de vitesse dans le but de sécuriser cet itinéraire a été l'objet de nombreux accidents lors de ces dernières années. Cet axe présente plusieurs caractéristiques intéressantes pouvant impacter la conduite :

- Limitation de vitesse : l'ensemble de l'itinéraire est limité entre 70 et 90 km/h
- Présence d'un radar fixe (90 km/h)
- L'itinéraire est de type bidirectionnelle. Seule une partie est une 2x2 voies en rampe
- Route à caractère prioritaire (aucun « cédez le passage » et stop)
- Trois passages piétons ponctuent cet itinéraire
- Trois giratoires existants (aménagement futur de quatre giratoires supplémentaires)
- Un pont de 800 mètres de long limité à 70 km/h. (Pont de Brotonne)

L'ensemble de l'itinéraire est illustré en annexe au travers d'un exemple de profil de vitesse.

Une précédente étude a montré que la vitesse  $V_{85}^2$  pratiquée sur cet itinéraire est sur plus de 80% de l'itinéraire au-dessus la limitation de vitesse allant parfois jusqu'à 115 km/h sur certaines portions.

Dans un souci de réduire le nombre de traitement, nous nous concentrons uniquement sur les données dans le sens la Mailleraye vers Yvetot.

---

<sup>2</sup> « Modernisation de l'axe Yvetot-La Mailleraye – Application du profil  $V_{85}$  pour l'étude des zones à risques sur l'axe », 2011, CETE Normandie Centre



## **1.4. Protocole expérimental**

L'objectif principal est de recueillir des données dans le but d'obtenir des profils d'indice d'éco-conduite sur l'itinéraire étudié. Pour alimenter le modèle « éco-index », il est nécessaire d'obtenir 4 paramètres :

- La fréquence d'utilisation des freins par kilomètre parcouru,
- La vitesse pratiquée,
- L'enfoncement de la pédale d'accélérateur,
- Le temps d'arrêt.

### **Eco-index sur un panel de conducteurs**

En Juillet 2010, un panel de 14 conducteurs (8 hommes et 6 femmes) a effectué chacun un passage sur l'itinéraire (un aller et un retour) avec le véhicule instrumenté. Aucune consigne ne leur a été donnée, chaque conducteur devait conduire le plus naturellement possible. Chaque passage a été effectué intégralement sans aucun arrêt avec à chaque fois le même point de départ et d'arrivée. Les données issues du VACC2 sont extraites une fois qu'un conducteur termine le parcours.

Durant près de trois semaines, chaque jour, un conducteur/conductrice a conduit le véhicule entre 12h00 et 13h00. Cette période a été choisie pour plusieurs critères :

- La reproductibilité des mesures,
- Afin que les conducteurs ne soient pas gênés par des PL ou tracteurs nombreux sur cet itinéraire durant la journée,
- La disponibilité des conducteurs.

### **Eco-index sur trois types de conduites différentes**

Dans un second temps, nous avons sollicité un agent pratiquant l'éco-conduite afin d'étudier l'éco-index sur trois types de conduite différentes sur l'itinéraire :

- Conduite normale,
- Conduite excessive (fortes accélérations, hauts régimes moteur, usage excessif des freins...),
- Conduite économique (faibles accélérations, passage des rapports à bas régimes moteur, anticipation des situations...).

Les trois passages ont été effectués sans recourir à des vitesses excessives et jugées inappropriées.

L'ensemble de ces données sont alors exploitées et analysées via le logiciel EXCEL®. Ils permettent alors de comparer les styles de conduites, d'étudier l'impact des aménagements sur l'éco-index et d'envisager les limites de l'utilisation de l'éco-index. L'ensemble des graphiques présentés dans la suite de cette étude sont effectués avec une fenêtre d'observation de 1000 mètres et un pas de mesure de 100 mètres (*c.f partie 3.1*)

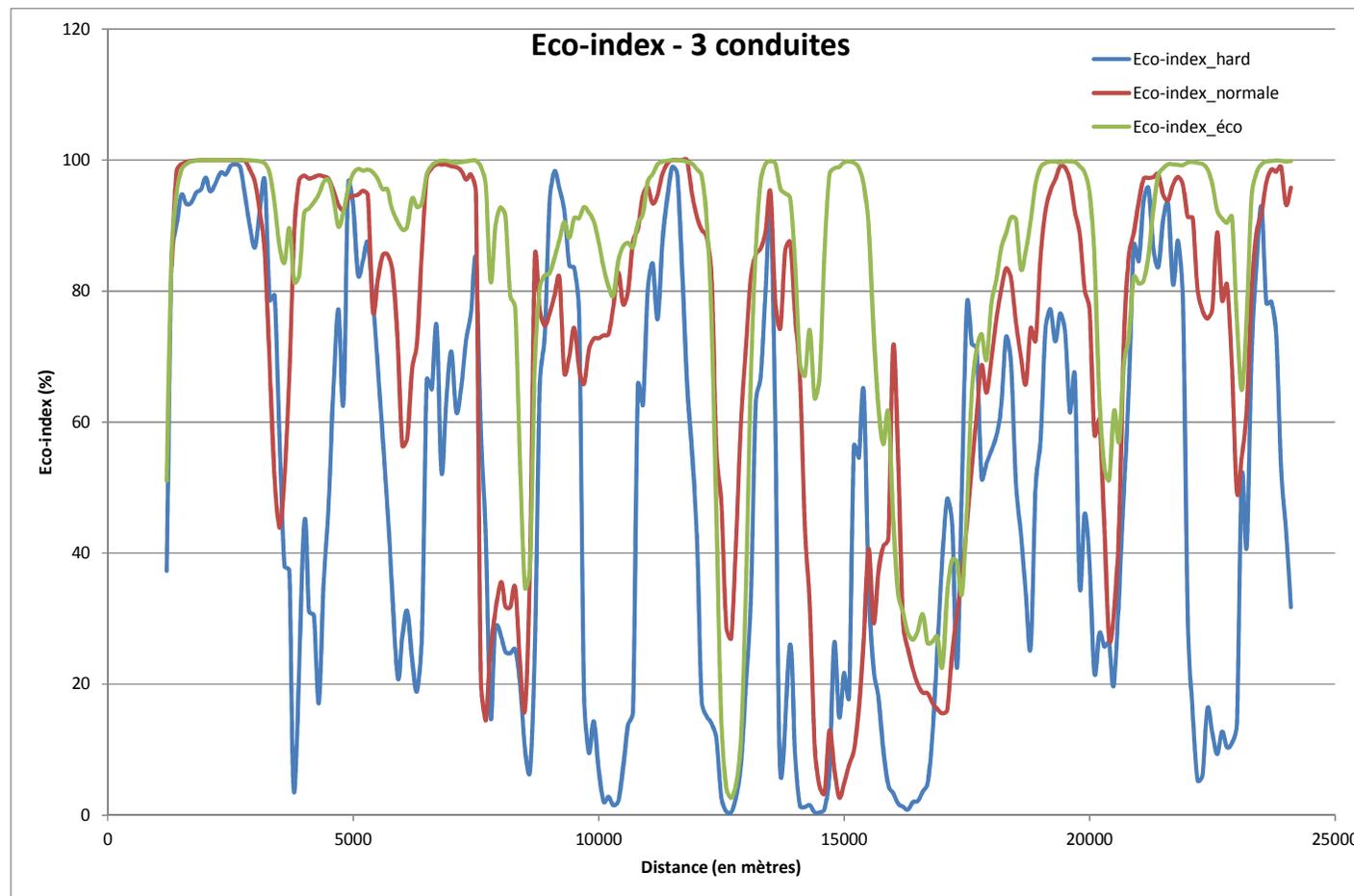


Figure 3 : Eco-index de 3 conduites différentes sur l'ensemble de l'itinéraire

## 2. Analyse thématique de l'éco-index

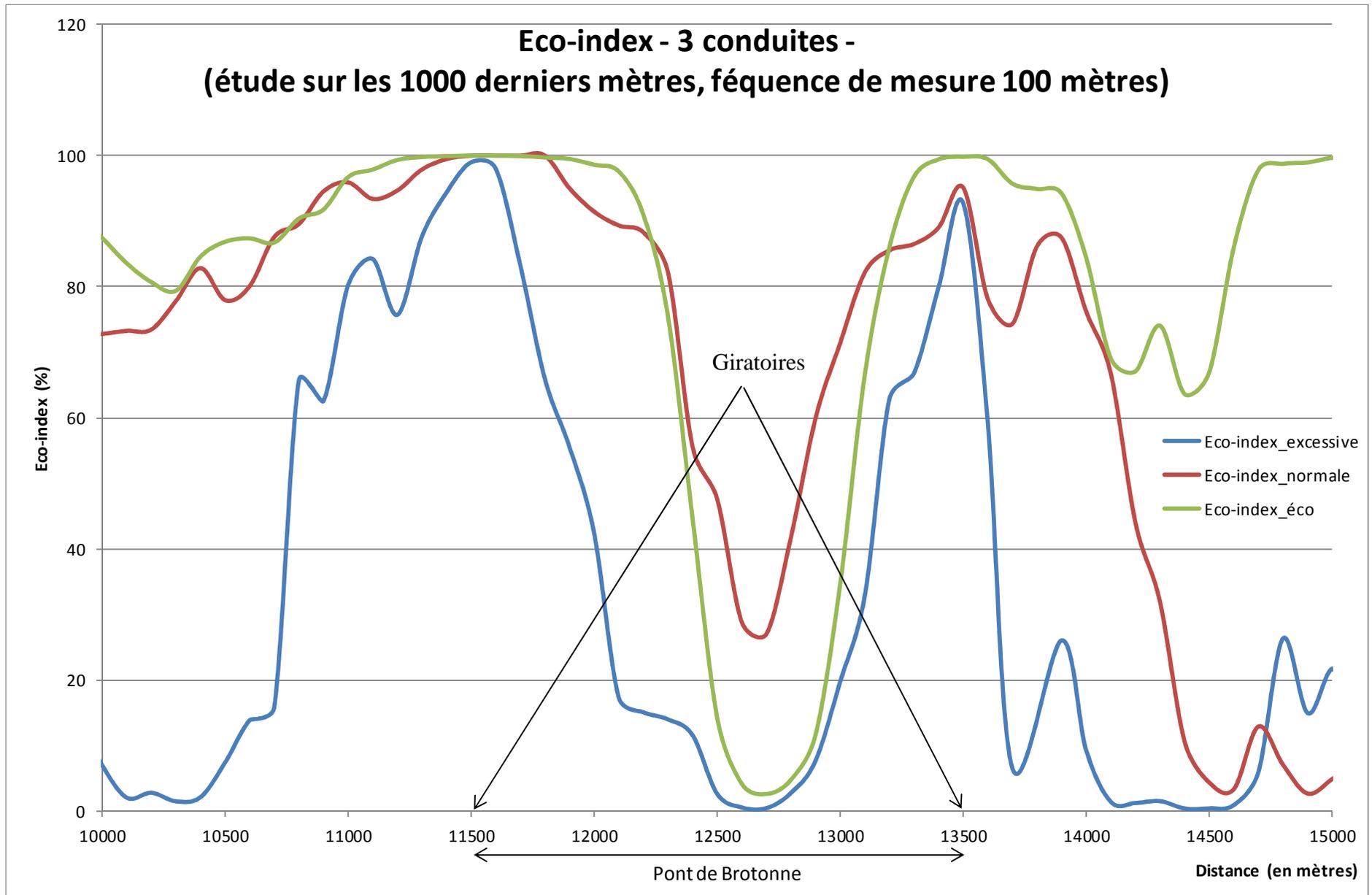
Dans cette partie, quatre aspects seront développés. Dans un premier temps, nous allons observer l'éco-index à partir de 3 conduites différentes puis dans un second temps, sur l'ensemble du panel. Par la suite, nous ferons un focus sur les points remarquables de l'axe. Enfin, dans un dernier chapitre, nous mettrons en parallèle les deux types de modèles (modèles développés ([2], [3], [4], [5]) et simplifié ([6])).

### 2.1. *Eco-index sur trois conduites différentes (économique, normale, excessive)*

En appliquant les modèles développés, nous avons ainsi obtenus trois courbes différentes correspondant aux trois conduites décrites dans le protocole.

Focalisons-nous dans un premier temps sur l'ensemble des 24 km que compose l'itinéraire (*figure 3*). Même s'il est prématuré d'avancer des premières conclusions du fait que les trois courbes se superposent, on peut néanmoins noter plusieurs remarques :

- Il est aisé de reconnaître les trois conduites. En effet, on aperçoit facilement la différence de l'éco-index des deux conduites « extrêmes ». Ainsi, sur la conduite dite « économique », on constate que sur plus de 80 % de l'itinéraire, l'éco-index est supérieur à 60%, ce qui signifie que la conduite est considérée comme « économique » voire « fortement économique ». En revanche, sur la conduite dite « excessive », il en est tout autrement puisque sur 83% du trajet, l'éco-index se situe en deçà de 60%.
- La conduite dite normale se situe dans l'ensemble au centre de ces deux courbes ce qui confirme les commentaires ci-dessus. On remarque ainsi que le conducteur n'a pas fait « d'efforts » pour être au maximum économique.
- Sur la courbe décrivant la conduite économique, on observe des pics descendants. Ces pics correspondent aux ralentissements « forcés » (réaccélération) comme le passage d'une zone 90 à une zone 70 ou encore à la sortie d'un giratoire.



**Figure 4 : 3 conduites différentes sur le Pont de Brotonne**

En faisant un zoom sur le pont de Brotonne (*figure 4*) :

- On observe clairement le même « creux » sur les trois courbes. Ce « creux » correspond au giratoire pour emprunter le pont ce qui oblige donc le conducteur à freiner puis réaccélérer. De plus, d'après le profil en long présent en *annexe I*, il y a une légère montée à 4.3% sur une centaine de mètres ce qui augmente cet effet de creux.
- Une fois ce giratoire passé et la côte montée, on constate une remontée de l'éco-index ce qui correspond à la descente de la côte (pente de - 6% sur 300 mètres) puis la réapparition d'un second creux (moins prononcé que le premier) correspondant au freinage puis à la réaccélération sur le second giratoire.
- Tout comme sur l'ensemble de l'itinéraire, on note bien des écarts de l'éco-index. Ainsi, sur la conduite « excessive », l'éco-index est plus faible contrairement à la conduite « économique » qui est pratiquement au dessus des 60 %. La conduite normale est toujours entre ces deux courbes.
- En revanche, l'éco-index ne permet pas de caractériser la conduite sur un aménagement telle qu'un giratoire. En effet, si l'on se focalise uniquement sur le rond point, on constate 3 chutes de l'éco-index sur les trois conduites. Deux hypothèses peuvent donc être avancées :
  - Soit il est impossible d'être en éco-conduite lors de la traversée d'un giratoire
  - Soit l'éco-index ne permet pas de distinguer une conduite sur un giratoire

Pour y répondre, on pourra envisager de comparer la différence d'éco-index entre la conduite excessive et économique avec la différence de consommation de carburant entre ces deux conduites. Des premiers calculs ont montré que la différence de consommation entre les conduites est marquée au niveau des giratoires.

Ces premiers graphiques ont permis de montrer, grâce à l'utilisation de l'éco-index qui intègre plusieurs paramètres, que l'on peut repérer aisément trois types de conduites différentes sur l'ensemble d'un itinéraire et mais ne permet pas de les distinguer lors d'une analyse macroscopique (sur une courte distance).

Cet indice intègre également l'impact de certaines infrastructures puisque l'on observe des chutes brutales de l'éco-index lors de la traversée d'un giratoire par exemple.



Nous étudierons la même question lors de la traversée d'une rampe dans la partie 2.3.3.

Enfin, d'après la formule de la moyenne de l'éco-conduite [7], nous obtenons les chiffres suivant :

Moyenne de l'éco-index de la conduite « économique » : 89%

Moyenne de l'éco-index de la conduite « normale » : 72%

Moyenne de l'éco-index de la conduite « excessive » : 35%

Ces dernières données montrent clairement la différence de conduite sur un même parcours. Il serait éventuellement intéressant de mettre en place des paliers c'est à dire qualifier la conduite selon trois ou quatre échelon (de X à Y %, nous sommes dans une conduite très défavorable ; de Y à Z %, nous sommes dans une conduite économique...).

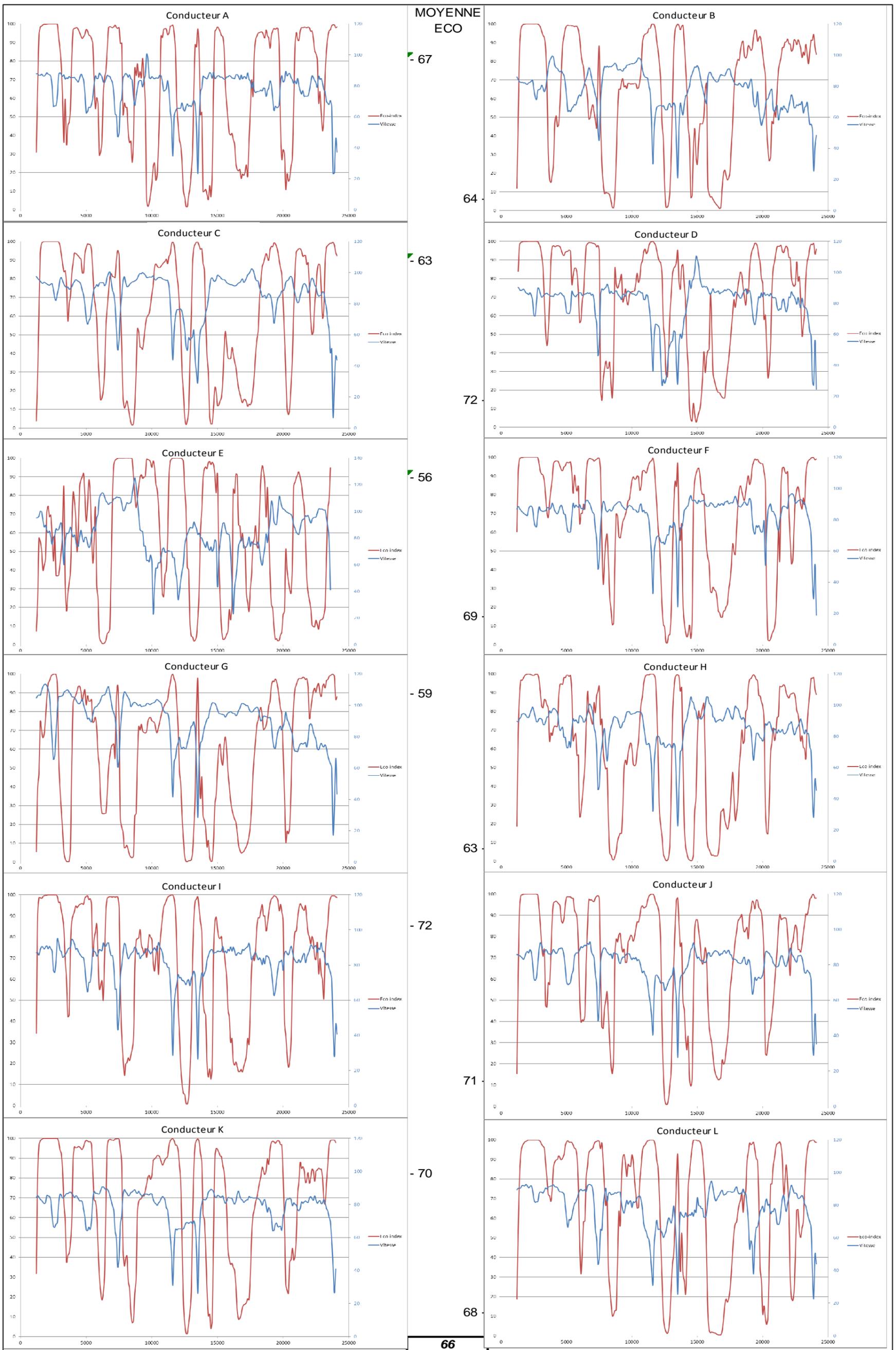


Figure 5 : Eco-index et vitesse de l'ensemble des conducteurs

## **2.2. Eco-index sur l'ensemble du panel de conducteurs**

Dans les graphiques de la *figure 5* ci-contre, nous avons couplé l'éco-index avec la vitesse instantanée.

- Chaque conducteurs présentent les mêmes pics descendants sur l'éco-index ce qui est normal puisque tous ces conducteurs ont emprunté le même itinéraire avec les mêmes contraintes de vitesse.
- On note que deux conducteurs ont eu une conduite plus excessive que les autres (conducteur E et G). La pratique d'une vitesse excessive se ressent dans leur moyenne d'éco-index puisque ces dernières sont respectivement de 56% et 59% alors que la moyenne du panel est de 66%.
- On constate que l'agent ayant effectué les trois types de conduite est parmi ceux ayant le meilleur indice du panel (conducteur D). On peut donc avancer l'hypothèse que même si il a conduit normalement, sa conduite est à tendance économique de par ses connaissances en la matière (ce qui est une bonne chose !).
- Le pic descendant le plus large parmi toutes ces courbes est celle correspondant à la côte (entre 15000 et 17500 mètres). Plusieurs explications peuvent être avancées. D'une part, la côte en elle-même. En effet, le pourcentage étant de 6.5 % sur près de 2.5 km, le conducteur est forcé d'appuyer sur la pédale d'accélérateur pour conserver de la vitesse. Un second paramètre intervenant dans cette baisse de l'éco-index est le fait que c'est la seule portion à 2X2 voies. Les usagers sont donc tentés de vouloir dépasser un éventuel véhicule lent sur cette partie de l'itinéraire avant de revenir sur une bidirectionnelle et donc de dépasser la vitesse autorisée (à savoir 90 km/h).

On retrouve à peu près le même type de profil d'éco-index pour l'ensemble des conducteurs malgré quelques variations sur certains profils.

Néanmoins, on peut noter un léger décalage entre éco-index et vitesse (en effet, on peut s'attendre à avoir un éco-index qui diminue dès que l'on accélère puisqu'en sollicitant la pédale d'accélérateur, on consomme plus de carburant). Ce problème sera en partie traité dans la partie sur l'impact de certains éléments présents de l'itinéraire sur l'éco-index.

Sur l'itinéraire, nous avons la présence de plusieurs giratoires, réductions de vitesse, d'une rampe et d'un radar fixe. La partie suivante s'intéresse à l'éco-index sur ces différents points remarquables qui composent l'axe.

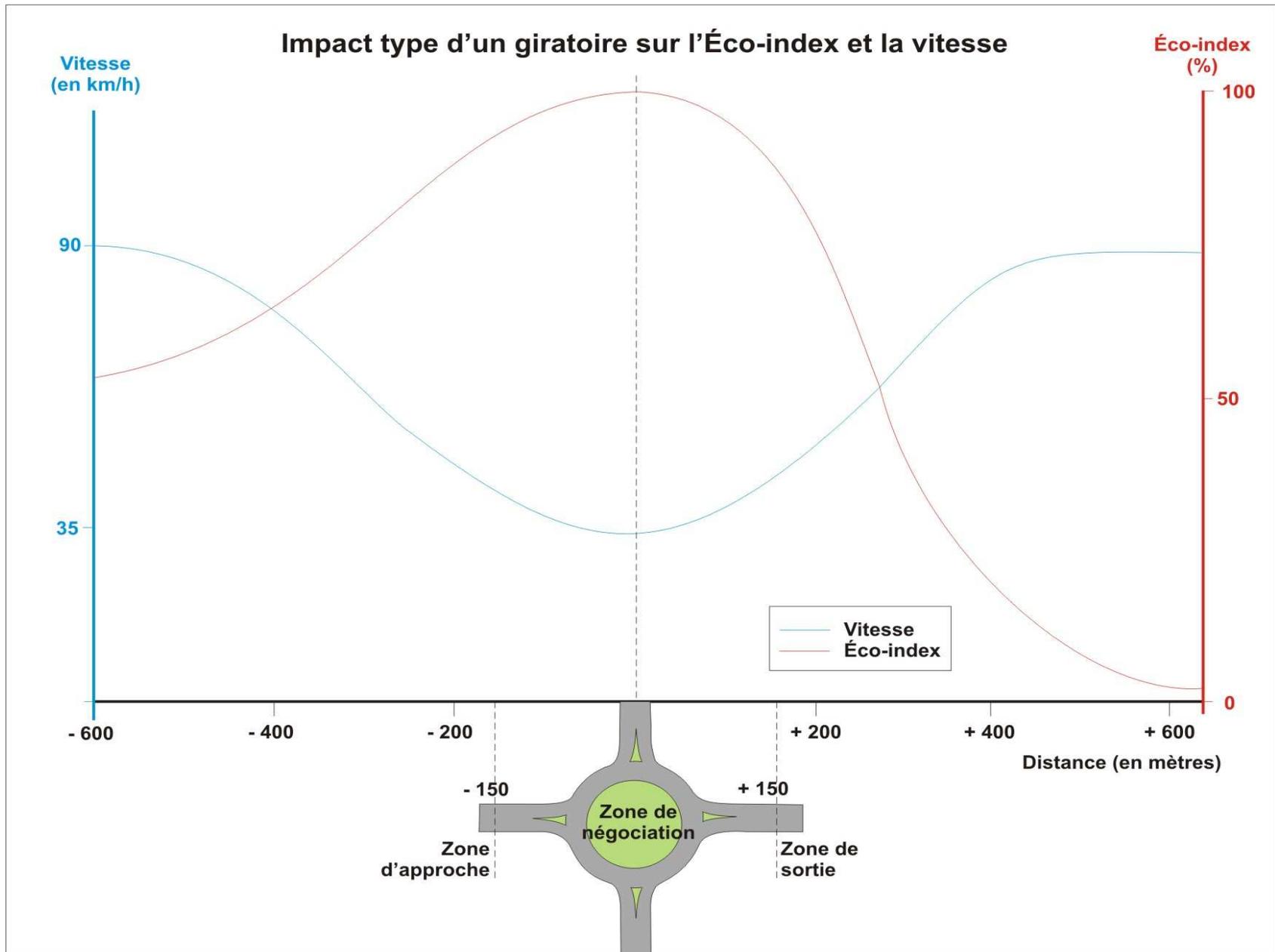


Figure 6 : Eco-index et vitesse type sur giratoire

## **2.3. Étude de l'éco-index sur certains points remarquables de l'itinéraire**

### **2.3.1. Les giratoires**

L'itinéraire comporte trois giratoires. On peut observer ces giratoires aux positions suivantes (cf *annexe I*) :

- 7445 mètres
- 11595 mètres
- 13510 mètres

Sur ces trois points, on constate sur pratiquement l'ensemble du panel que ce sont les points les plus bas. En effet, on remarque un éco-index au plus faible 50 mètres après ces points (au mieux, nous arrivons au maximum à 15%). Si l'on décompose le giratoire en trois parties qui composent la zone d'influence :

- *Zone d'approche* : cette zone est limitée approximativement aux 150 m qui précèdent l'entrée dans le giratoire. C'est la zone sur laquelle les conducteurs passent de leur vitesse de croisière à une vitesse compatible avec le franchissement des giratoires<sup>3</sup>. C'est dans cette zone que nous avons l'éco-index qui augmente peu à peu. Cet effet est du au fait que le conducteur décélère peu à peu, il relâche la pédale d'accélérateur mais utilise tout de même le frein afin d'atteindre une vitesse d'entrée adaptée.
- *Zone de négociation* : cette zone est limitée au franchissement du giratoire lui-même. Les vitesses de franchissement sont de l'ordre de 30 à 35 km/h en entrée et 35 à 55 km/h en sortie. On constate que sur l'ensemble du panel, cette zone est une zone transitionnelle. On observe en effet, que l'on est au maximum de l'indice (entre 95 et 100% dans certains cas). Le variation de vitesse est une contribution forte dans l'éco-index obtenu.
- *Zone de sortie* : cette zone est limitée approximativement à 150 mètres à partir de l'entrée de la branche de sortie. C'est la zone qui impact le plus négativement l'éco-index puisque l'on passe en moins de 150 mètres d'un éco-index de 100% à 10% (voire à 5% dans certains cas). Cette baisse significative est du à l'accélération en sortie de giratoire (solicitation de la pédale d'accélérateur) couplé à une augmentation de la vitesse.

La *figure 6* met donc en avant ces trois zones et l'éco-index type associé à la vitesse.

De plus, d'après le graphique de la *figure 4*, on a pu constater que l'éco-index ne permet pas de distinguer les trois conduites différentes. Cette discrimination n'est pas forcément observé dans les infrastructures prochaines.

---

<sup>3</sup> « Cinématique sur les carrefours giratoires », *CETE Normandie Centre*, 1992

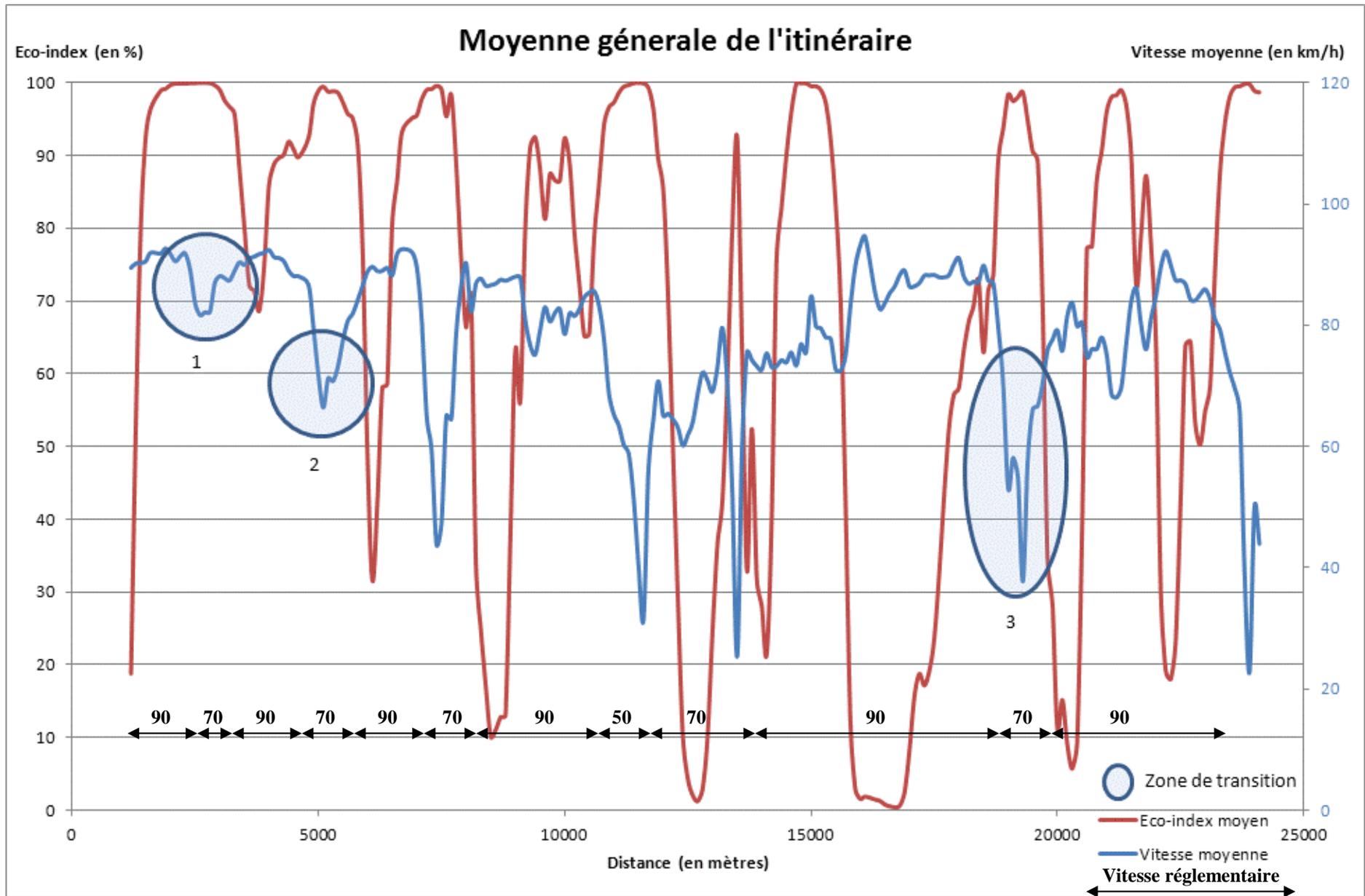


Figure 7 : Vitesse et éco-index moyen du panel sur l'ensemble de l'itinéraire

### 2.3.2. Les changements de limitation de vitesse

L'axe Yvetot La Mailleraye présente trois changements de limitations de vitesse (passage de 90 km/h à 70 km/h hors giratoire). Deux se situent en ligne droite, sur près de 600 mètres pour le premier (à 2340 mètres en abscisse (1)) et sur un peu plus d'un kilomètre pour la seconde portion (à 18610 mètres en abscisse (3)) et un en virage sur près de 1000 mètres (5000 mètres en abscisse (2)).

D'après le graphique de la *figure 7*, on remarque deux variations de l'éco-index différentes selon la portion en ligne droite. En effet, on peut constater que sur la plus petite portion (1), l'éco-index diminue de 30% en passant de 100 à 70 % tandis que pour la seconde portion (3), on note une baisse beaucoup plus importante puisque l'on passe de 98% à près de 8% sur les derniers 150 mètres de la ligne droite. Cette différence d'amplitude est en grande partie due à la géométrie et à l'environnement de la route.

Sur la première portion (1), l'usager est en ligne droite (600 mètres avant le changement de limitation et 2 km après la fin de limitation). L'automobiliste a donc moins de manœuvre à effectuer pour diminuer sa vitesse et peut ainsi réduire son allure uniquement en relâchant la pédale d'accélérateur (4 cas sur 12) au lieu d'utiliser les freins ou l'utilisation éventuelle du frein moteur. On a donc moins de paramètres intervenant dans les modèles sur cette petite partie. La longueur de la portion peut être aussi un facteur de cette faible baisse.

Cette seconde portion a une configuration légèrement différente de la première. En effet, dans cette partie, l'usager vient de sortir d'une zone où la rampe est évaluée à 6.5% sur près de 3.5 km. Suite à cette rampe, 250 mètres après, il entre dans une zone « semi-urbaine ». En effet, la présence d'un restaurant, d'un parking ainsi que d'un passage piéton influent plus fortement sur le comportement du conducteur qui a alors tendance à mettre le pied sur le frein pour anticiper tout risque potentiel observé sur l'ensemble du panel. C'est pourquoi sa vitesse est diminuée plus fortement que sur les autres portions citées précédemment ce qui a pour conséquence une accélération plus forte lorsqu'il sort de la zone 70 d'où cette chute brutale de l'éco-index.

Enfin, concernant le virage à 70 km/h (2), on note exactement les mêmes remarques effectuées précédemment. Ainsi, on observe un fort indice à l'entrée de la zone puis une brusque chute lorsque l'on repasse dans une zone à 90 km/h.

Dans les trois cas, on peut constater que la baisse de l'éco-index s'effectue en sortie de limitation et non à l'entrée. On retrouve donc le même scénario que pour le cas des giratoires et le même constat d'après le graphique présent en annexe II. En effet, en zoomant sur la première portion, on peut comparer le style de conduite.

**Remarque :** Le respect des limitations de vitesse à 70 km/h sur l'itinéraire ne se fait pas toujours en faveur d'une conduite plus économique. Cela implique en effet une réaccélération en sortie de zone. L'excès de vitesse et la vitesse inappropriée doivent être pris en compte dans la définition de la conduite éco-responsable avec d'autres paramètres inhérents à la sécurité routière (inter-distance etc.). On pourrait dès lors envisager de faire intervenir le respect de la limitation de vitesse dans l'outil d'aide à la conduite éco-responsable.

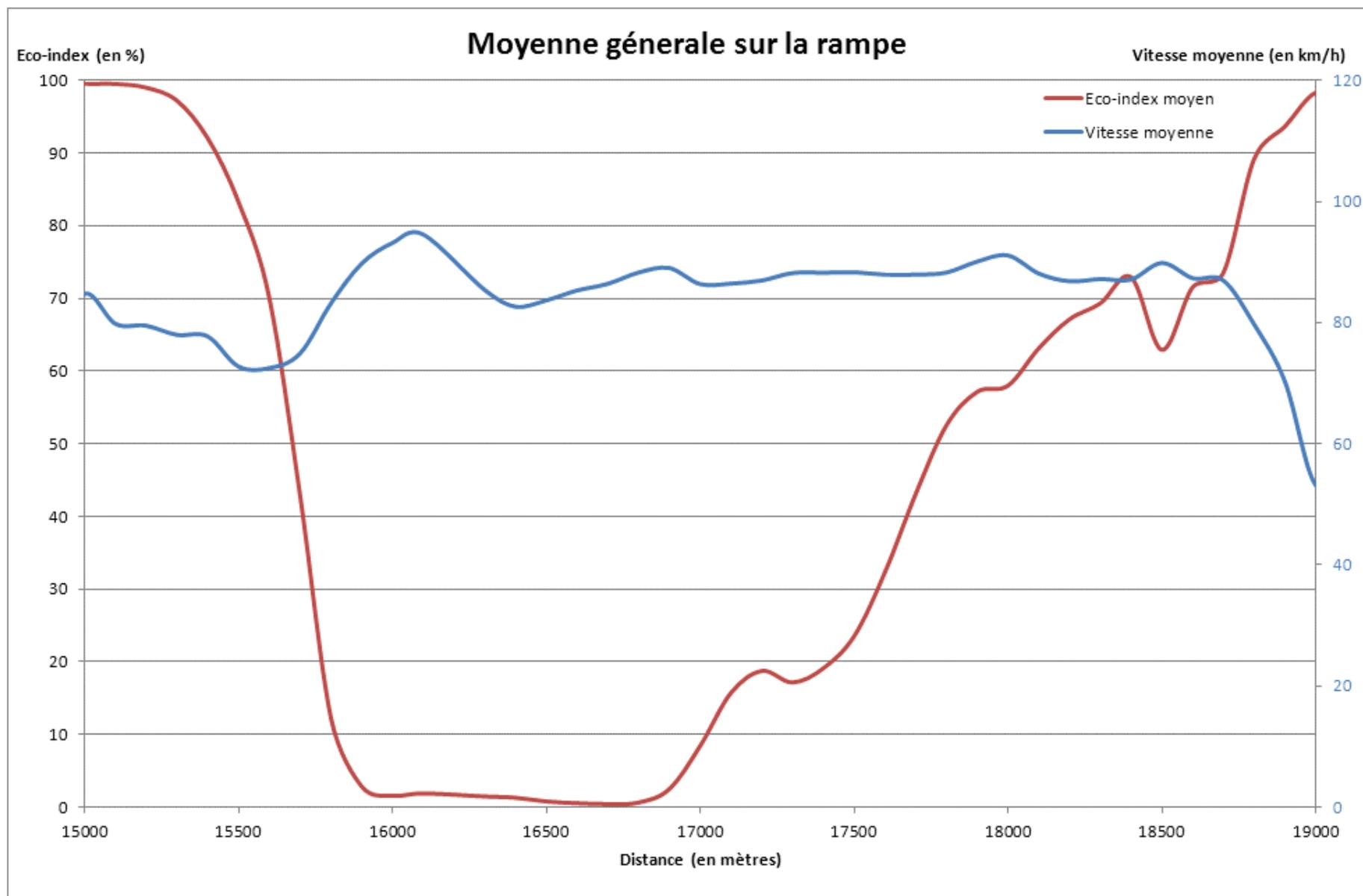


Figure 8 : Eco-index et vitesse moyenne sur la rampe

### 2.3.3. Eco-index sur la rampe

Comme nous avons pu le dire précédemment, cette rampe s'étend sur 3.5 km avec une pente moyenne de 6.5%. La côte débute à 15100 mètres et se termine à 18600 mètres. Lors d'une précédente étude, le CETE NC a relevé une  $V_{85}$  à 105 km/h<sup>4</sup> (la vitesse réglementaire étant de 90 km/h). Les automobilistes ont tendance à accélérer fortement afin de prendre de la vitesse et dépasser d'éventuels véhicules lents (PL ou tracteurs fréquents sur cet itinéraire). Enfin, cette zone est l'unique 2x2 voies de l'ensemble de l'axe.

Sur le graphique ci-contre, nous pouvons noter plusieurs points :

- Le pic descendant est beaucoup plus large que les autres ce qui est logique du fait de la longueur de la rampe.
- Le front descendant débute dès le début de la côte et se termine uniquement au début de la zone 70 précédemment citée.
- Alors que la plupart des conducteurs du panel ont respecté la vitesse réglementaire (9 conducteurs sur 12), on arrive néanmoins à distinguer exactement le début de la côte du fait de la chute de l'éco-index. En se concentrant sur le profil du conducteur F, lorsque l'on zoome sur la côte (graphique en annexe III), on constate qu'il est resté à 90 km/h près d'un kilomètre avant le début de côte et ce jusqu'au sommet mais pourtant, l'éco-index chute exactement à l'abscisse 15100 mètres ce qui correspond donc à l'entrée de la rampe.
- On peut enfin noter que l'éco-index ne chute pas à 0% mais plus entre 10 et 20%. On peut donc avancer l'hypothèse que même si le conducteur est conscient qu'il sollicite un peu plus la pédale d'accélérateur, il essaie néanmoins de minimiser sa consommation en carburant un appuyant progressivement et non pas de manière impulsive.

Il est donc possible d'observer une variation de l'éco-index lorsque l'on emprunte la rampe. Tout comme les giratoires et les zones de limitation de vitesse, l'éco-index ne permet pas sur ce genre profil en long de distinguer une conduite économique à une conduite excessive. On peut ainsi constater deux allures différentes en annexe IV. En effet, en éco-conduite, on observe une chute de l'éco-index suivie d'une hausse progressive tandis qu'en conduite agressive, on observe de nombreuses variations de l'éco-index au point que sur certaines portions, la conduite dite « excessive » serait plus économique que la conduite « économique » ce qui est contradictoire avec le mode de conduite.

---

<sup>4</sup> « Vitesse pratiquées sur l'axe Yvetot-La Mailleraye », *CETE NC*, Avril 2010

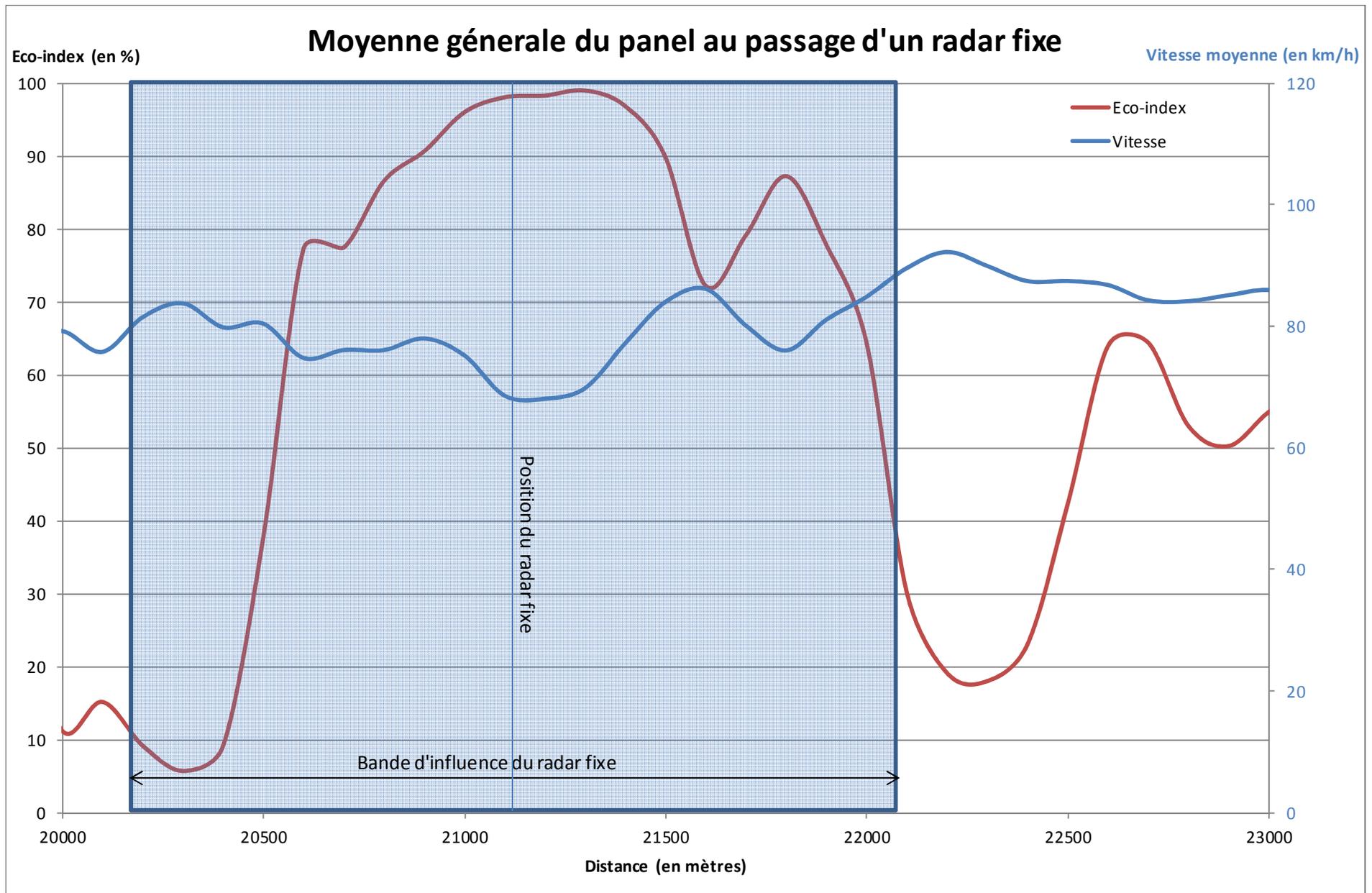


Figure 9 : Eco-index et vitesse moyenne au passage d'un radar fixe

### 2.3.4. Eco-index en présence d'un radar fixe

Dans le sens étudié, le radar fixe (limitation à 90 km/h) sanctionne uniquement dans ce sens de l'itinéraire. Il se situe en abscisse 21200 mètres où l'on peut constater d'ailleurs une légère baisse de la vitesse en ce point sur la *figure 9* (une chute de près de 15 km/h en moyenne).

D'après une étude sur l'impact des radars fixes sur le comportement de l'automobiliste<sup>5</sup>, le conducteur ralentit 1km en amont et réaccélère 1 km en aval du radar. On constate ces deux phases bien distinctement sur la figure ci-contre puisque, en moyenne, les conducteurs du panel ont commencé à ralentir à 20212 mètres et reviennent à leur vitesse de croisière à 22020 mètres.

Cette variation de vitesse implique alors une variation sur l'éco-index. Ainsi, dès que le conducteur réduit sa vitesse, on constate que l'éco-index augmente fortement (pour atteindre parfois 100% dans certains cas) alors que dès que le radar est dépassé, l'éco-index rechute dès lors que l'usager reprend de la vitesse et par conséquent accélère.

On retrouve donc le même scénario que pour les giratoires ainsi que les zones de réduction de la vitesse mais avec un impact moins important sur l'éco-index. De plus, il est plus facile de discriminer les trois types de conduite en sortie de zone comme le montre le graphique en annexe V.

---

<sup>5</sup> « Évaluation de la zone d'influence d'un radar de contrôle sanction automatisé », *CETE NC*, Septembre 2006



### **2.3.5. Bilan des impacts de certains aménagements sur l'éco-index**

Les chapitres précédents ont permis de montrer certaines possibilités mais aussi les limites de l'éco-index. Ainsi, on peut repérer par l'éco-index la présence d'un changement de géométrie ou la présence d'une infrastructure nécessitant un ralentissement ou une réaccélération.

L'éco-index a montré que lors de passage de giratoire, d'une zone de transition et de rampe, il y a un changement (parfois brusque) de l'indice. On peut avancer les hypothèses suivantes :

- **Soit il est impossible d'être en éco-conduite sur certains aménagements**
- **Soit, plus vraisemblablement, il est impossible de discriminer une conduite économique d'une conduite excessive sur certains aménagements (giratoires, rampes, zone de transition...) par l'éco-index.**

Enfin, on a pu rencontrer le cas « idéal » d'une conduite économique pour le modèle et par conséquent un indice à son maximum lorsque :

- **Pas d'appui sur la pédale d'accélérateur**
- **Pas d'appui sur la pédale de frein**
- **Pas d'augmentation de la vitesse.**

**Ces trois remarques reviennent à dire qu'un éco-index au maximum est synonyme d'un maintien constant de la vitesse du véhicule (et donc d'un PKE proche du 0) dans le cas de la formule simplifiée.**

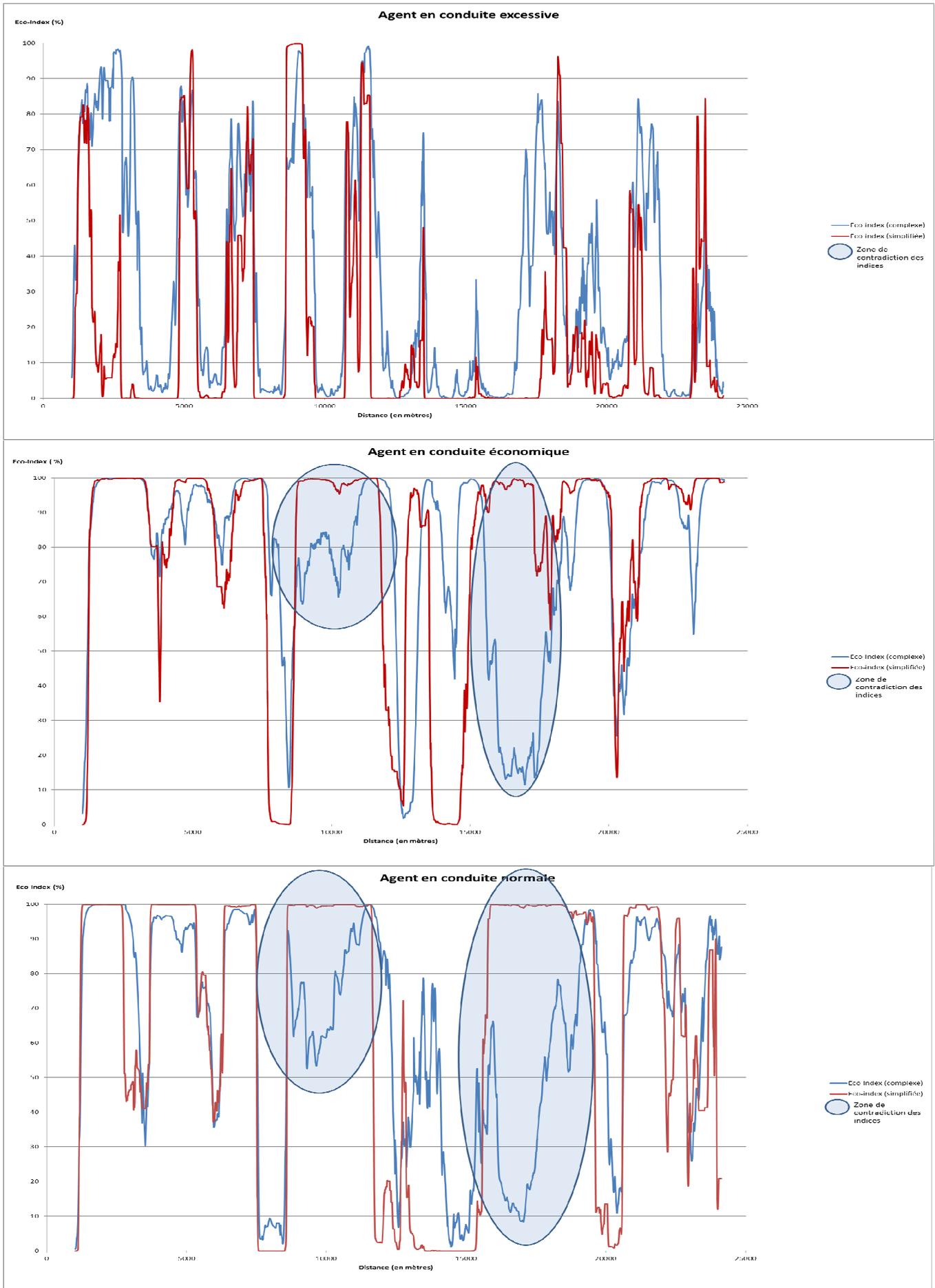


Figure 10 : Eco-index calculée sur 3 conduites différentes selon deux modèles différents (complexe et simplifiée)

## 2.4. Comparaison de l'éco-index selon deux modèles : simplifié et complexe

Dans cette partie, nous nous sommes concentrés sur cinq profils :

- Les trois conduites effectuées par l'agent ayant des notions sur l'éco-conduite : économique, normale et agressive (*figure 10*)
- Deux profils pris au hasard parmi les 12 conducteurs du panel (*figure 11*).

Nous avons donc mis en parallèle l'éco-index d'un même conducteur déterminé d'une part avec les modèles complexes ([2], [3], [4], [5]) et d'autre part par le modèle simplifié [6].

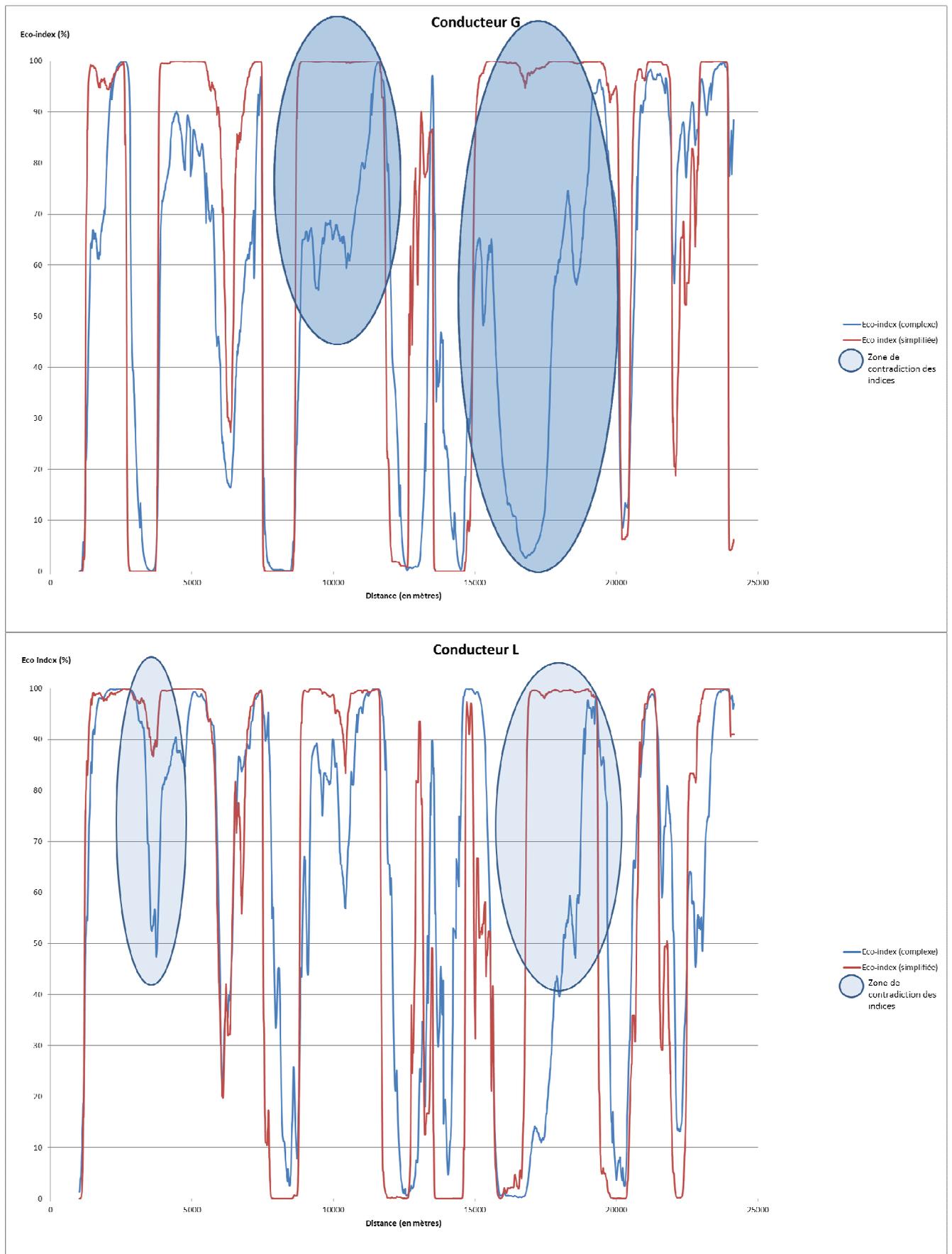
Il en résulte plusieurs observations :

- **L'éco-index simplifié suit en général les variations de l'éco-index complexe**
- L'éco-index simplifié est un indice plus extrême. On constate en effet que l'indice calculé par le modèle simplifié passe du tout au rien alors que l'indice complexe est moins brusque.
- Les pics sont plus larges avec le modèle simplifié qu'avec le modèle complexe comme on peut le noter chez le conducteur L (au point kilométrique 8 par exemple). (*figure 11*)
- Sur l'ensemble des profils observés, on constate une nette différence de l'éco-index au niveau de la rampe (entre 15000 et 20000 mètres). Ainsi, l'éco-index simplifié est à 95% ( $\pm 5\%$ ) alors que l'éco-index complexe donne entre 50% et 30% selon le profil. On note également cette différence sur certains profils au niveau du kilomètre 8 (giratoire). L'ensemble de ces contradictions sont entourées dans les graphiques des *figures 10 et 11*.

Le tableau suivant fait état des moyennes de l'éco-index calculées suivant la formule [7] :

<i>Conducteur</i>	<i>Moyenne éco – simplifiée (en pourcentage)</i>	<i>Moyenne éco- complexe (en pourcentage)</i>
Agent – économique	83	89
Agent - excessive	18	35
Agent – normale	68	72
Conducteur L	65	68
Conducteur G	74	59

D'après ce tableau, on peut constater que les deux moyennes calculées pour un même profil sont différentes, certaines sont très proches (moins de 3% sur un cas) mais parfois peuvent être très éloignées (jusqu'à 17% d'écart). On le remarque d'ailleurs clairement sur les graphiques précédents montrant les pics de l'éco-index « complexe » plus important que les pics de l'éco-index « simplifié ».



**Figure 11 : Eco-index calculé sur 2 conducteurs aléatoire selon deux modèles différents (complexe et simplifiée)**

Ces différences ne sont pas inattendues. En effet, du fait que le modèle simplifié ne prend en compte qu'un seul paramètre tandis que les modèles complexes en incluent cinq, la courbe de l'éco-index sera beaucoup plus fine (mais sera aussi beaucoup plus difficile à analyser dû à son allure parfois en forme de peigne). Les deux éco-index donnent des résultats différents sur certains points remarquables (giratoire, rampe).

On pourrait donc envisager de catégoriser les pourcentages à savoir :

**Créer plusieurs catégories selon l'indice. On peut proposer par exemple quatre paliers :**

- **Lorsque l'éco-index se situe entre 0 et 25% : la conduite n'est pas du tout économique**
- **Lorsque l'éco-index se situe entre 25 et 50% : la conduite est peu économique**
- **Lorsque l'éco-index se situe entre 50 et 75% : la conduite est économique**
- **Lorsque l'éco-index se situe entre 75 et 100% : la conduite est très économique.**

Il est important de noter que lorsque l'on évoque « l'éco-index », on se concentre sur **l'indice en continu** et non pas la moyenne totale de l'éco-index. Il serait néanmoins nécessaire de mener une étude sur cette hypothèse.

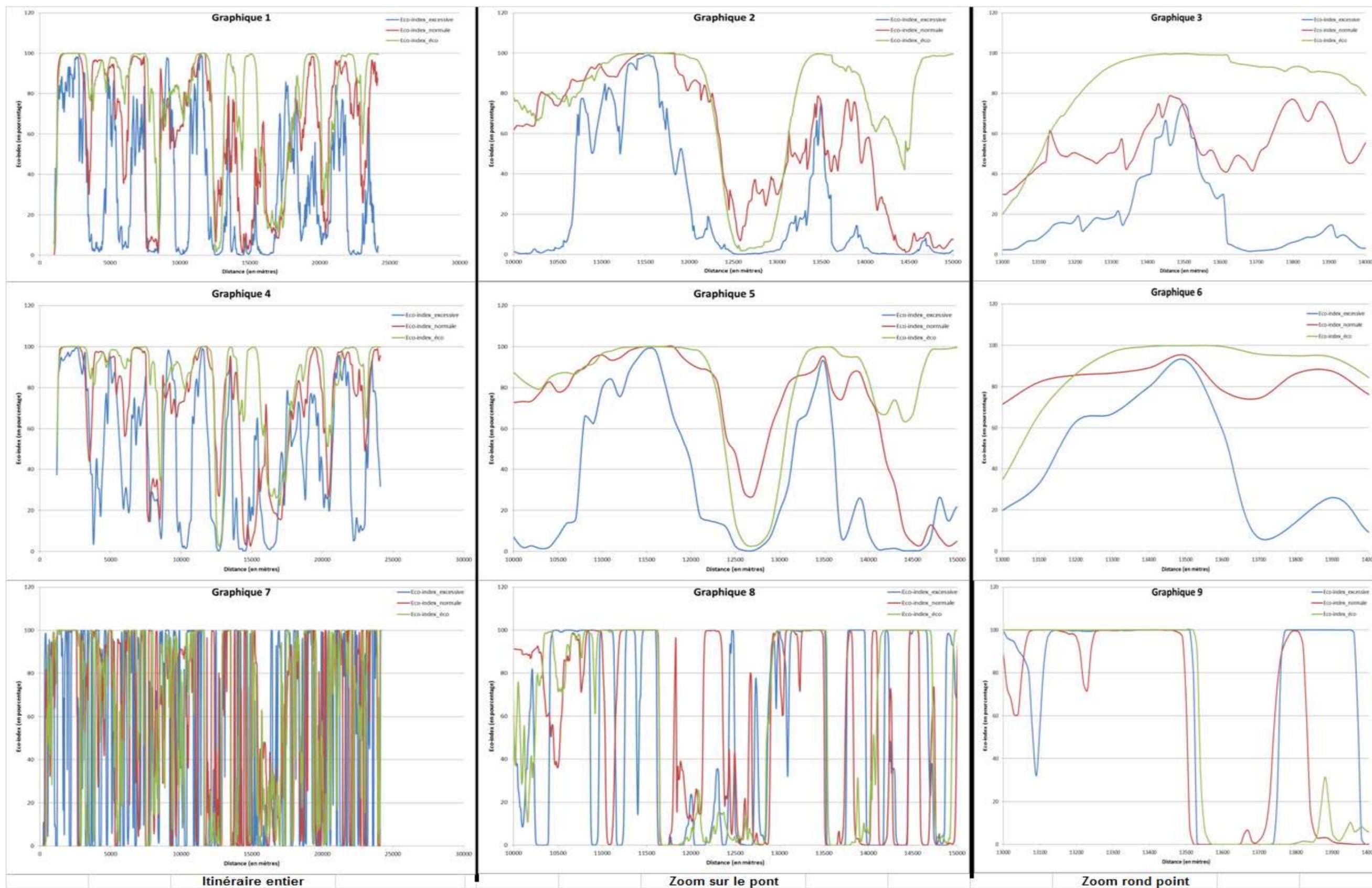


Figure 12 : Eco-index selon le choix des fenêtres

### 3. Analyse critique de l'éco-index

Dans cette partie, nous développerons les aspects plus techniques de l'éco-index. Quelles ont été les difficultés rencontrées lors des « calculs », les choix qu'il a fallu imposer pour exploiter au mieux l'indice. Nous mettrons également en parallèle l'éco-index avec le paramètre le plus représentatif de l'éco-conduite : la consommation de carburant.

#### 3.1. Fenêtres : un paramètre non négligeable

Lors du calcul de l'éco-index, il est important de choisir les fenêtres sur lesquelles on désire connaître l'éco-index. On entend par fenêtres :

- la fréquence de calcul de l'indice : appelée "petite fenêtre" (un indice tous les X mètres ou tout les X secondes)
- la distance (ou temps) étudiée : appelée "grande fenêtre" (sur les Y derniers mètres ou les Y dernières secondes).

*Exemple :*

En sélectionnant une « grande fenêtre » à 1000 mètres avec une fréquence de calcul de 10 mètres, cela signifie que nous aurons un indice tous les 10 mètres qui prendra en compte les 1000 derniers mètres.

Les graphiques ci-contre mettent en avant les résultats obtenus sur les trois conduites (économique, agressive, normale) suivant les types de fenêtres sélectionnées.

Le tableau ci-dessous résume l'ensemble des graphiques de la *figure 12* :

	Ensemble de l'itinéraire	Focus sur le pont (présence de deux giratoires)	Focus sur un giratoire
Indice sur les 1000 derniers mètres Indice tout les 10 mètres	Graphique 1	Graphique 2	Graphique 3
Indice sur les 1000 derniers mètres Indice tout les 100 mètres	Graphique 4	Graphique 5	Graphique 6
Indice sur les 100 derniers mètres Indice tout les 10 mètres	Graphique 7	Graphique 8	Graphique 9

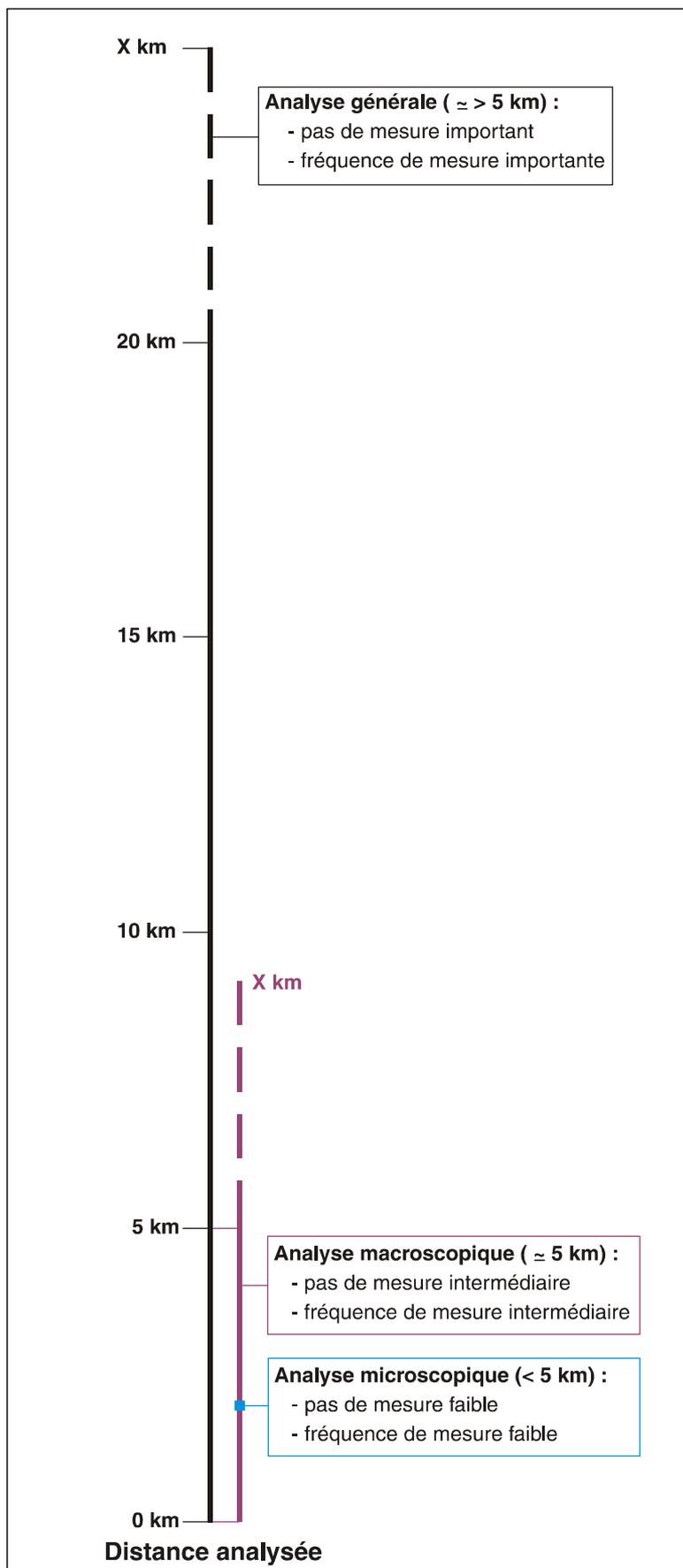


Figure 13 : Schéma des fenêtres utilisées dans le cadre de cet itinéraire

Ce corpus de graphiques permet d'avancer la conclusion suivante :

**Plus on observe l'éco-index sur une grande distance, plus la taille de la fenêtre de calcul (« grande fenêtre ») doit être importante et vice versa.**

Ainsi, on constate que si l'on souhaite regarder l'éco-index sur l'ensemble de l'itinéraire (rappelons ici que l'itinéraire mesure 24 km), on sélectionnera le graphique 1 (pas de mesure à 1000 m avec une fréquence de 10 m) plutôt que le graphique 7 (pas de mesure 100m avec un indice de 10m).

En revanche, plus on zoome, plus il est intéressant de sélectionner un pas plus court. On s'aperçoit alors qu'entre le graphique 2 et le graphique 5, les courbes sont beaucoup plus fluides dans le second graphique. Le graphique ayant un pas de 1000m avec une fréquence de 10m a une allure en « dents de scie ». On peut noter que les « fenêtres » sélectionnées en graphique 8 ne sont pas adaptées pour la distance observée (5 km).

Enfin, lorsque l'on observe les graphiques de la dernière colonne (graphiques 3-6-9), on constate deux types de variations différentes :

- Les graphiques 3 et 6 ont sensiblement la même allure, les trois courbes représentatives de conduites forment un pic à partir de 13500m
- A contrario le graphique 9 montre une chute des trois courbes au point kilométrique 13500. Cet abscisse correspond à la sortie d'un giratoire (on peut retrouver la vitesse moyenne sur ce giratoire sur la *figure 7*).

On a donc deux allures différentes de l'éco-index alors que l'on observe le même type de conduite sur une même distance, à savoir 1 km. Il apparaît, d'après les conclusions faites en 2.3.1, que le graphique 9 traduit l'impact d'un giratoire sur l'éco-index. On peut donc avancer l'hypothèse suivante :

**Pour une analyse microscopique d'un itinéraire ( $\leq 5$  km), il est nécessaire de calculer l'éco-index sur une base d'une faible taille de fenêtre d'observation et d'une faible fréquence de mesure.**

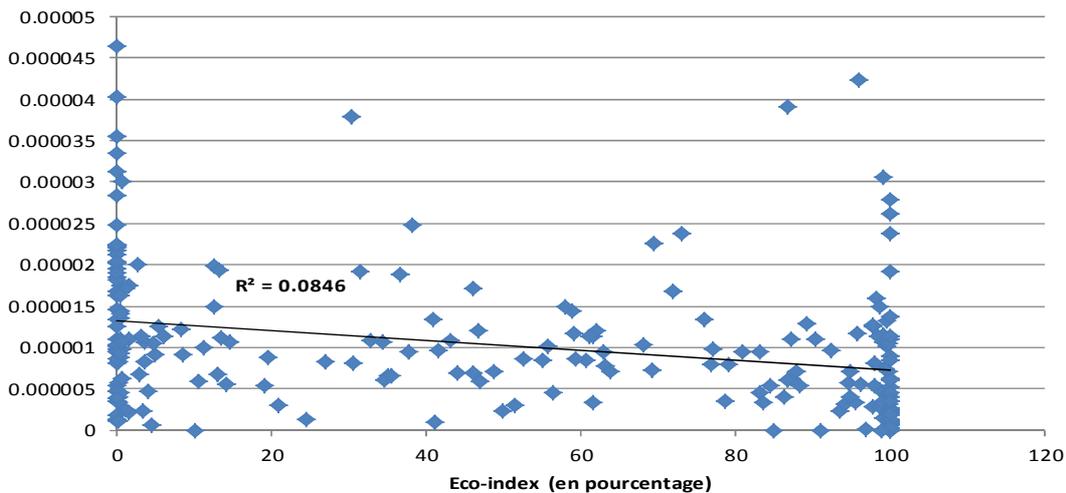
**Pour une analyse macroscopique d'un itinéraire ( $\approx 5$  km), il est nécessaire de calculer l'éco-index sur une base d'une faible taille de fenêtre d'observation de mesure et d'une fréquence intermédiaire de mesure.**

**Pour une analyse générale d'un itinéraire ( $\geq 5$  km), il est nécessaire de calculer l'éco-index sur une base d'une grande taille de fenêtre d'observation et d'une haute fréquence de mesure.**

Il serait donc intéressant de mener une étude sur le pas et la fréquence de mesure à utiliser suivant le nombre de kilomètres que l'on souhaite observer. La *figure 13* illustre les observations faites sur l'étude. D'autant plus qu'un décalage entre « éco-index réel » et « éco-index calculé » peut être observé selon les paramètres choisis. En effet, en sélectionnant de fenêtres trop importantes, on observera un décalage de l'éco-index. On peut d'ores et déjà avancer la conclusion suivant : « Plus la fenêtre est grande, plus le décalage sera important »

### Conduite excessive

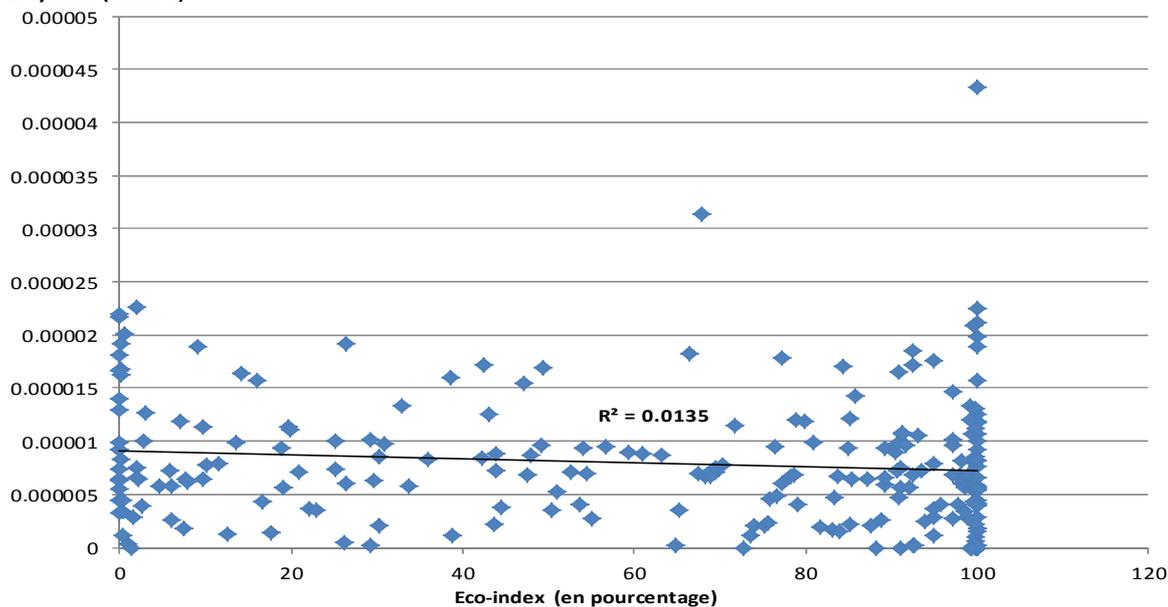
Consommation moyenne (en litre)



Consommation totale (en litre) :  
0.024

### Conduite normale

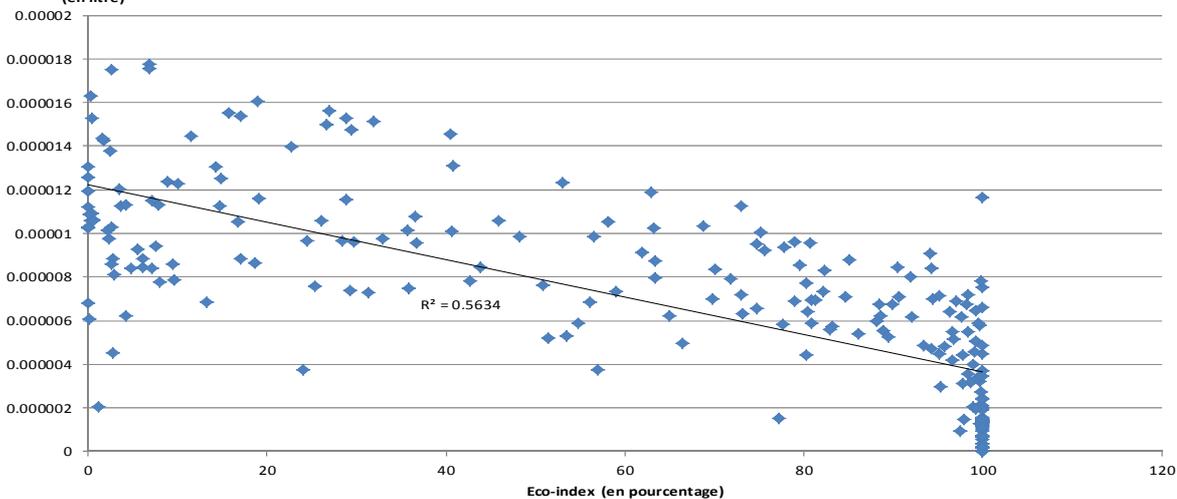
Consommation moyenne (en litre)



Consommation totale (en litre) :  
0.018

### Conduite économique

Consommation moyenne (en litre)



Consommation totale (en litre) :  
0.016

Figure 14 : Dispersion de la consommation moyenne en fonction de l'éco-index lors d'une conduite excessive (en haut), conduite normale (au centre) et en conduite économique (en bas)

### 3.2. Consommation de carburant et éco-index

L'objectif est de valider l'éco-index par rapport à la consommation de carburant.

Dans cette partie, nous nous sommes concentrés uniquement sur les trois types de conduite. Nous avons, grâce aux données tirées du BusCan, calculé la consommation moyenne tous les 100 mètres. Cette consommation est calculé à partir de la consommation cumulée (fréquence 100 Hertz). En parallèle, nous avons calculé l'éco-index de chaque passage avec une distance d'observation de 100 mètres et une fréquence de calcul 10 mètres.

La *figure 14* met montre la dispersion de la consommation moyenne de carburant en fonction du pourcentage de l'éco-index selon les trois conduites.

Plusieurs observations sont à noter :

- Le type de conduite est aisément reconnaissable sur ces trois derniers graphiques. En effet, on constate que la dispersion est beaucoup plus marquée lors de la conduite excessive qu'en conduite économique. On pourrait également envisager de comparer le classement du panel selon la moyenne de l'éco-index sur l'itinéraire et la moyenne de consommation de carburant.
- L'ensemble des coefficients de détermination (hormis la conduite économique) est inférieur à 0.3 quelque soit le type de conduite. **Il apparaît qu'aucune des régressions linéaires ne permet de montrer une adéquation entre l'éco-index et la consommation de carburant.**
- On peut envisager de fixer des paliers concernant la consommation (suivant le type de véhicule) permettant de qualifier la conduite.
- Sur les trois graphiques ci-contre, on constate trois coefficients radicalement différents. En effet, plus la consommation totale est importante, moins le coefficient est grand. Seul le graphique représentant une conduite économique obtient un coefficient au delà de 0.5 ( $R^2 = 0.56$ )
- Enfin, en annexe VI, nous avons mis en parallèle la vitesse, l'éco-index et la consommation moyenne de la conduite « excessive ». Les variations de la vitesse sont en cohérence avec la consommation. En effet, on constate que lorsque la vitesse augmente (donc sollicitation de la pédale d'accélérateur), la consommation moyenne augmente alors que la courbe de l'éco-index diminue. Cette constatation est observable particulièrement au point kilométrique 13.5 (rappelons que cet abscisse correspond à l'emplacement d'un giratoire).

Même si nous n'avons pas réussi à mettre en avant une relation cohérente avec la consommation, nous avons pu constater que lors d'une augmentation de la consommation, l'éco-index diminue ce qui est rationnel.

Dans la continuité de cette étude, nous étudierons la régression linéaire entre l'éco-index global (calculé avec l'équation [7]) et la consommation moyenne par conducteur. Nous trouverons alors peut être un coefficient de détermination plus proche de 1 et en déduire ainsi une éventuelle adéquation entre consommation totale et éco-index global.



## 4. Conclusions

Cette première expérimentation a permis de dégager plus précisément les aspects positifs de l'utilisation de l'éco-index. Mais il a aussi mis en avant les différentes difficultés des modèles de prédiction de la probabilité d'être en éco-conduite.

Tout d'abord d'un point de vue exploitation :

- Il est possible de reconnaître 3 types de conduites différentes aussi bien grâce à l'éco-index global qu'avec l'éco-index en continu en considérant l'indice sur l'ensemble de l'itinéraire étudié. En revanche, il serait plus favorable de pouvoir fixer des paliers afin de qualifier la conduite.
- Pour plusieurs aménagements, on retrouve le même scénario concernant les variations de l'éco-index. Une étude plus approfondie sur les rampes ainsi que les giratoires est à prévoir afin de déterminer si il est possible de discriminer le style de conduite ou dans le cas échéant, montrer qu'il est impossible d'être en éco-conduite.
- Nous n'avons pas mis en évidence de relation nette entre l'éco-index appliqué et la consommation de carburant.
- On a pu constater que la fréquence de mesure et le pas mesuré sont deux notions très importantes suivant la longueur de l'itinéraire que l'on souhaite étudier. Ainsi, il est primordial de choisir les bonnes fenêtres selon le type d'analyse au risque d'obtenir des résultats biaisés ou inexploitable.

D'un point de vue méthodologique :

- Pour appliquer les modèles de prédiction, il est nécessaire de connaître parfaitement la distance de chaque zone de limitation de vitesse. Il faut donc au préalable effectuer un relevé de ces zones ce qui constitue un premier travail conséquent sur le terrain si l'itinéraire est long.
- Afin de comparer la conduite de chaque conducteur ou d'observer l'impact d'une infrastructure sur l'éco-index, il est nécessaire d'être rigoureux et fin sur les mesures. Ainsi, pour chaque conducteur, il a fallu démarrer et s'arrêter au même endroit pour éviter les erreurs de distance.

Il reste encore beaucoup de points d'interrogation concernant l'éco-index. L'itinéraire, le véhicule et le panel ont permis de mettre en évidence certaines limites de l'utilisation de l'éco-index. Ceci ne présage pas de la capacité de l'éco-index à remplir son rôle initial qui est d'aider les usagers à adopter une conduite davantage éco-responsable. Il peut se révéler être un bon indicateur de souplesse de conduite.



## 5. Perspectives

Comme on a pu le constater dans ce rapport d'avancement, des études doivent être menées afin d'améliorer l'éco-index et son utilisation. Le CETE Normandie Centre propose par la suite d'étudier les points :

- Étudier l'impact d'une pente descendante : les mesures ayant été effectuées sur chaque sens de l'itinéraire, il nous est possible d'observer l'éco-index sur ce type de géométrie routière.
- Élément de comparaison : il serait intéressant de comparer l'éco-index à d'autres indicateurs existants tels que le bilan Carbone ou avec d'autres types d'instruments sensés qualifier la conduite (EcoGyser®). Le CETE NC a pris contact avec le CETE de l'OUEST qui a déjà plusieurs appareils de ce type afin de mettre en œuvre une méthodologie permettant la comparaison des deux outils.
- L'éco-index pourra être observé sur d'autres aménagements tels que des bandes rugueuses ou lors d'un passage devant un radar pédagogique.
- Une étude d'impact des giratoires : nous pourrons observer plus précisément l'éco-conduite avant/après construction d'un rond point. Comme nous avons pu le citer précédemment, 4 nouveaux giratoires devraient être mis en place d'ici fin 2014.

L'enjeu de ces travaux est donc de faciliter la mise en œuvre de l'éco-conduite, tout en le maintenant sur le long terme. Au sein du projet « EcoDriver » l'équipe du LIVIC (Laboratoire sur les Interactions Véhicules-Infrastructure-Conducteur – IFSTTAR) cherche à développer, tester et valider, une aide à l'éco-conduite destinée à équiper un Smartphone (donc utilisation du modèle simplifié de l'indice) fonctionnant sous « Android ». Une interface adaptée sera alors programmée sur tablette ou Smartphone. L'ensemble sera testé en conditions réelles lors de séances d'essais utilisant les pistes et véhicules disponibles sur le site de Satory.

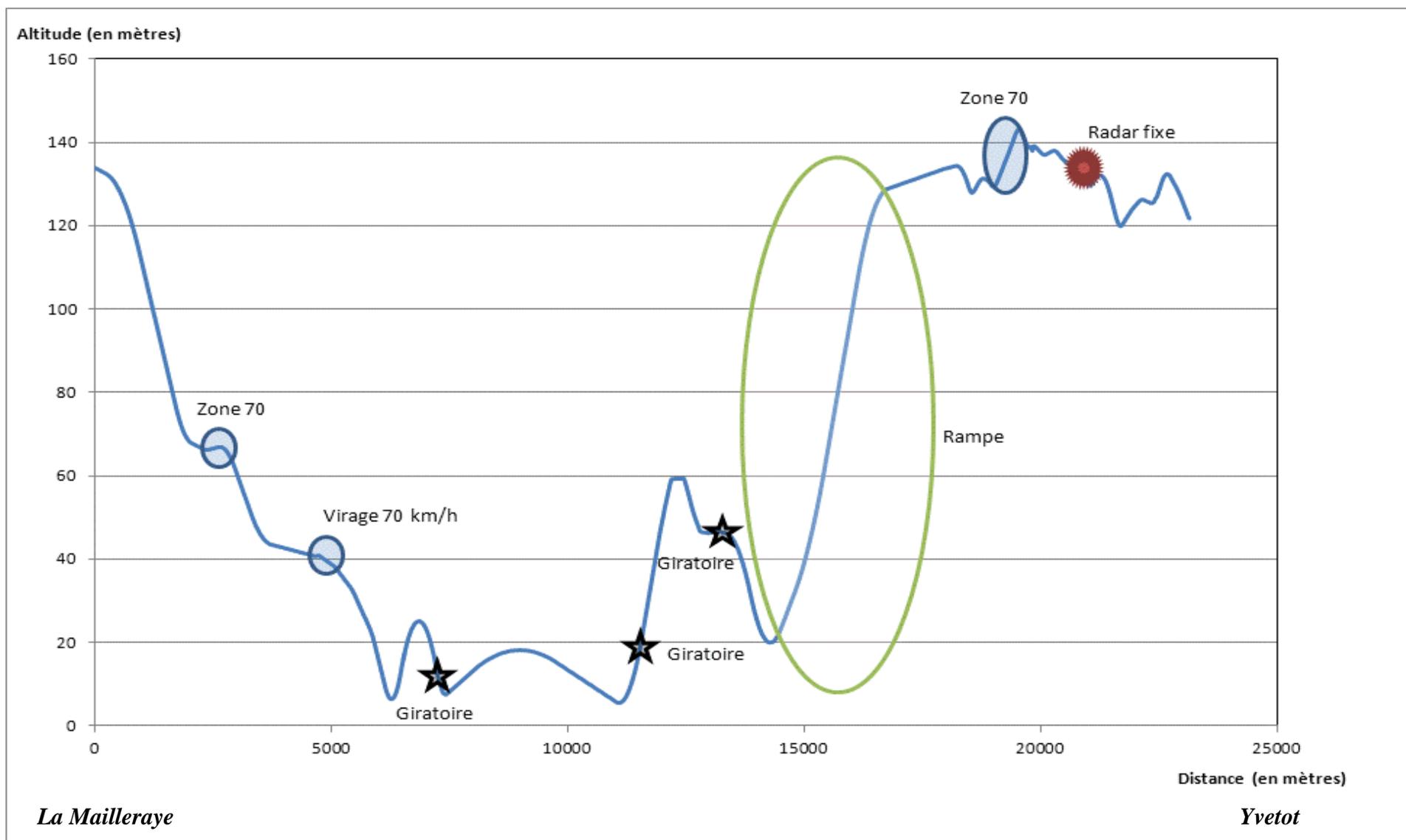


# Annexes

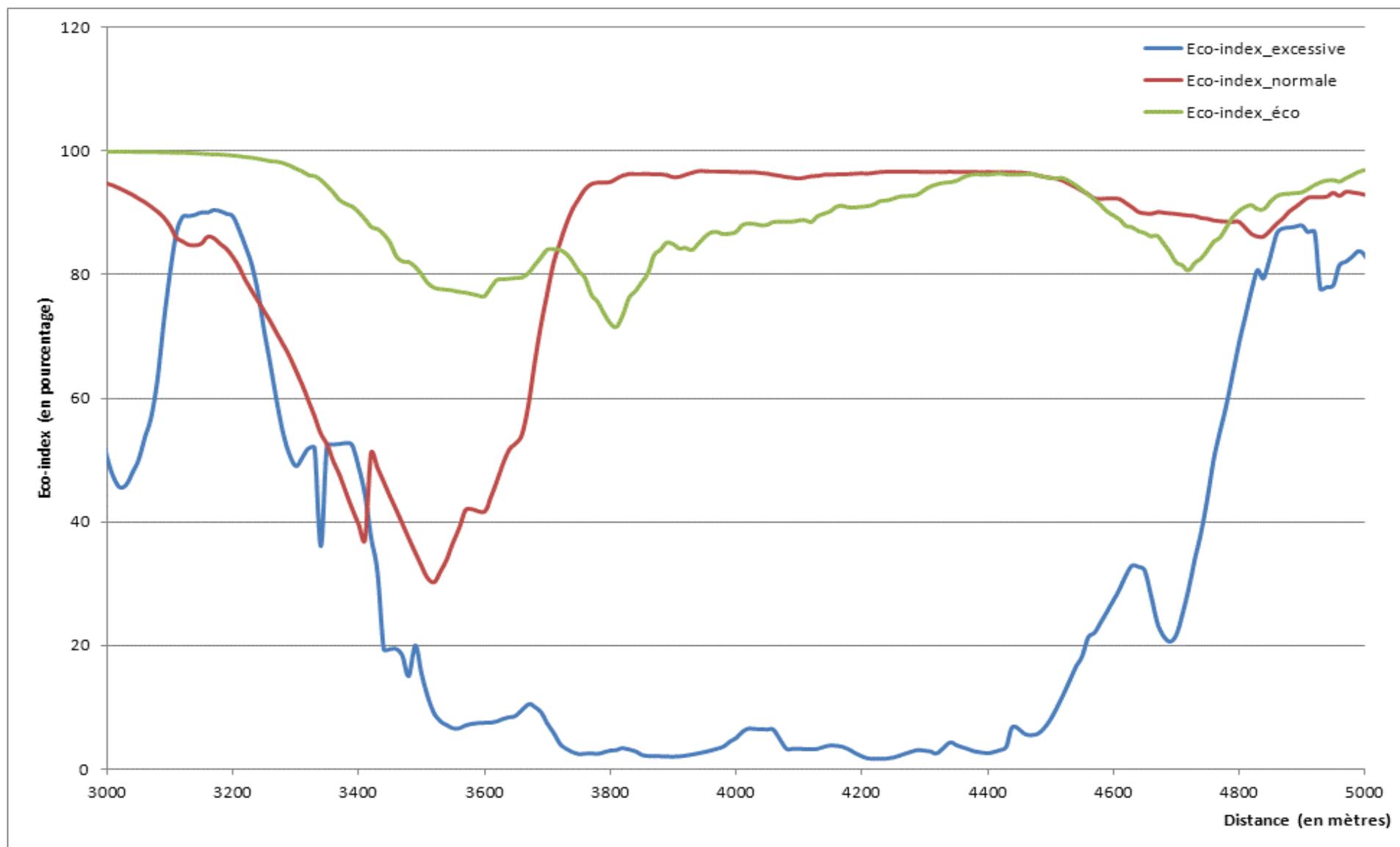
## **Index**

Annexe I : Profil en long de l'axe La Mailleraye vers Yvetot.....	61
Annexe II : 3 types de conduite sur la première zone 70.....	62
Annexe III : Vitesse et éco-index du profil F sur la rampe .....	63
Annexe IV : 3 types de conduite sur la rampe.....	64
Annexe V : 3 types de conduite au passage d'un radar fixe.....	65
Annexe VI : Exemple de profil de vitesse illustré sur l'Axe Yvetot La Mailleraye .....	66
Annexe VII : Consommation moyenne, vitesse et éco-index d'une conduite excessive aux abords de 2 giratoires .....	67

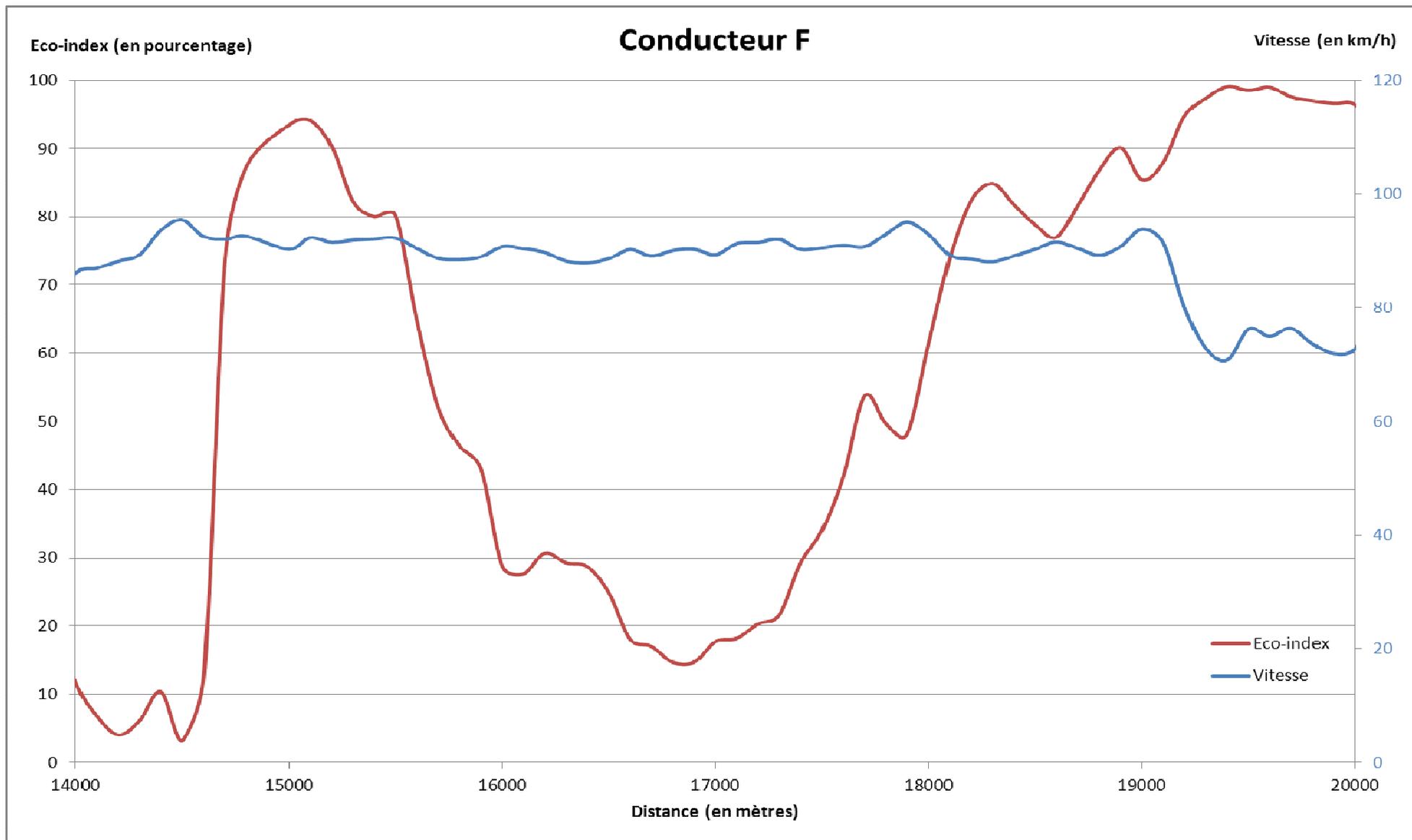
Annexe I : Profil en long de l'axe La Mailleraye vers Yvetot



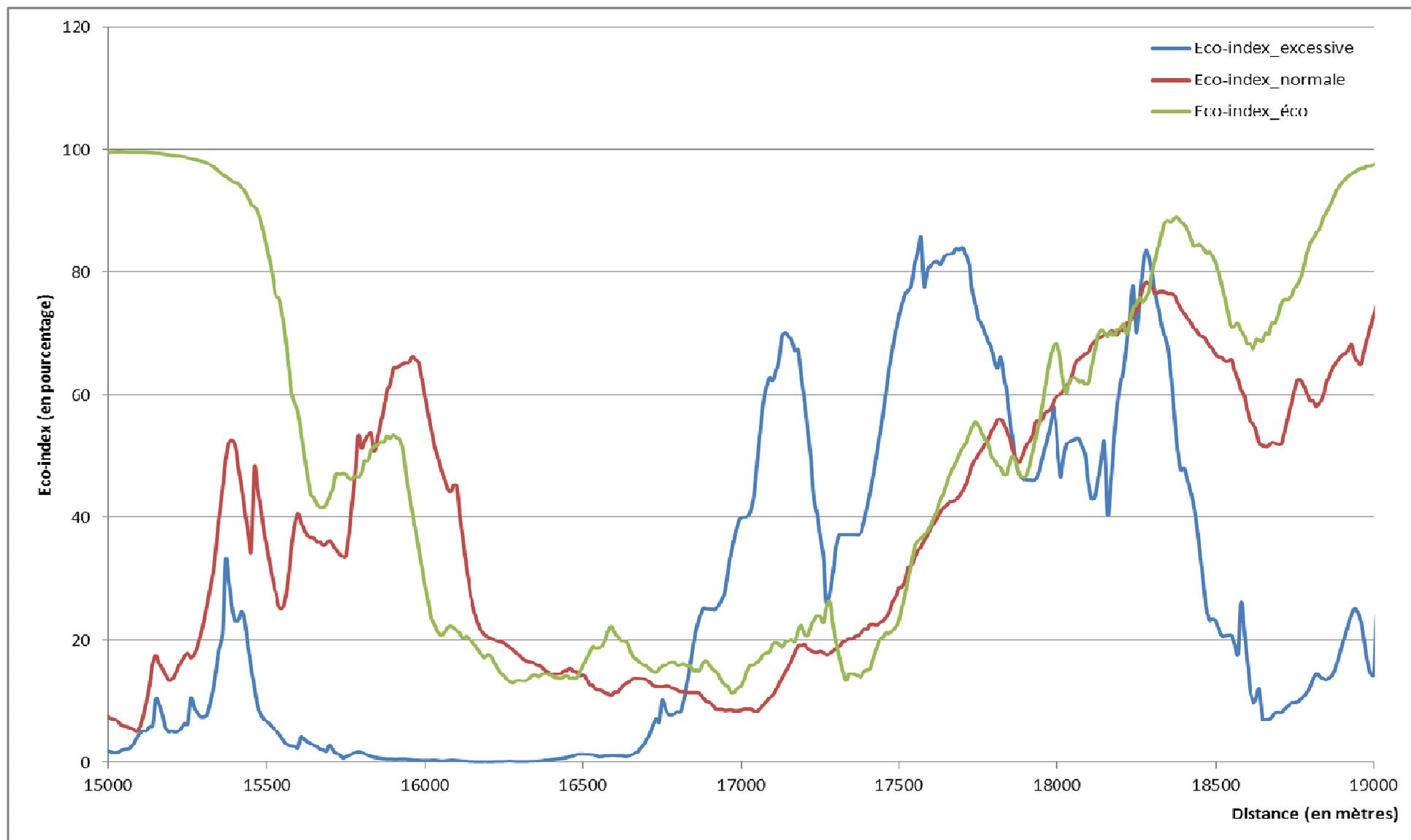
Annexe II : 3 types de conduite sur la première zone 70



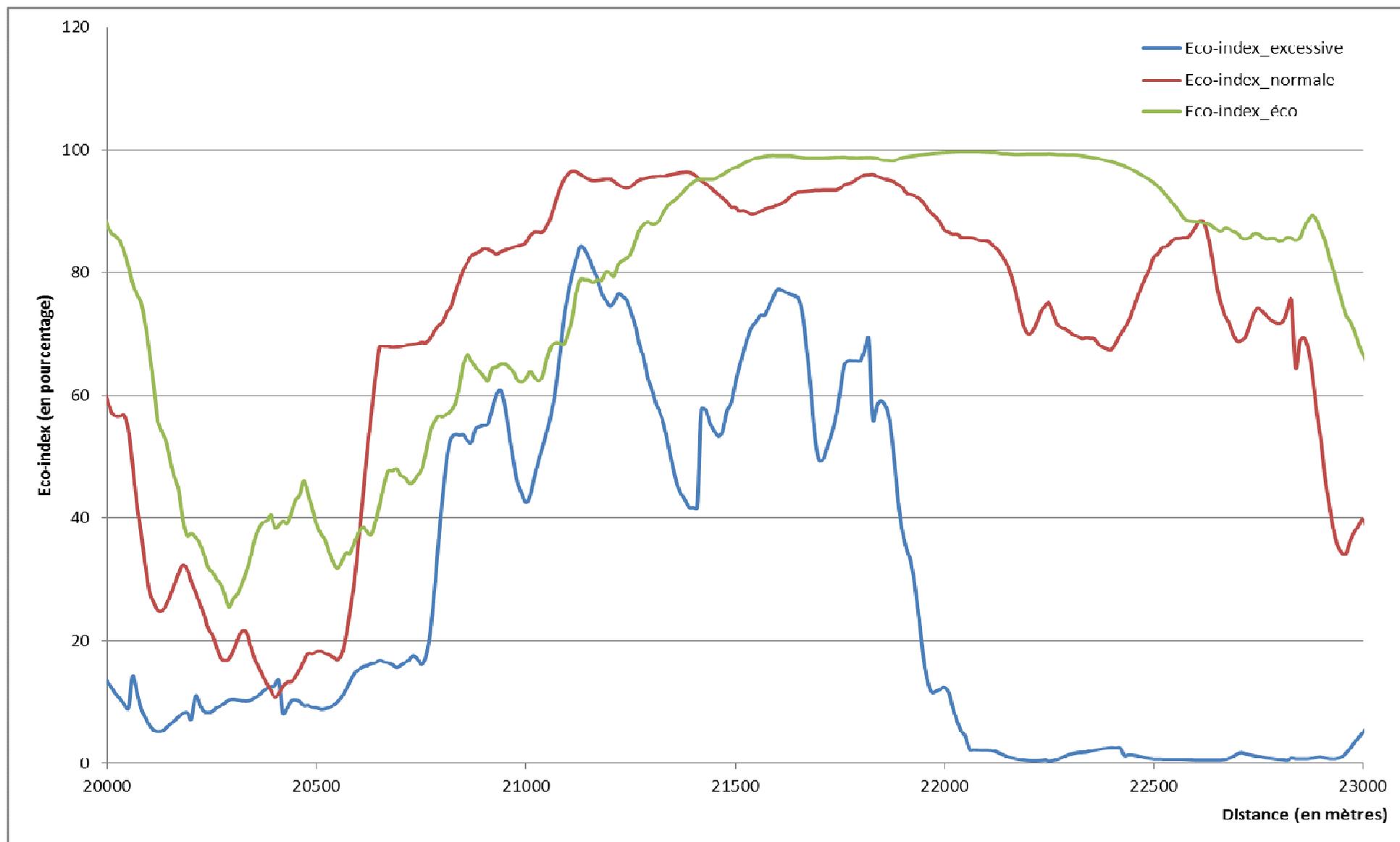
Annexe III : Vitesse et éco-index du profil F sur la rampe



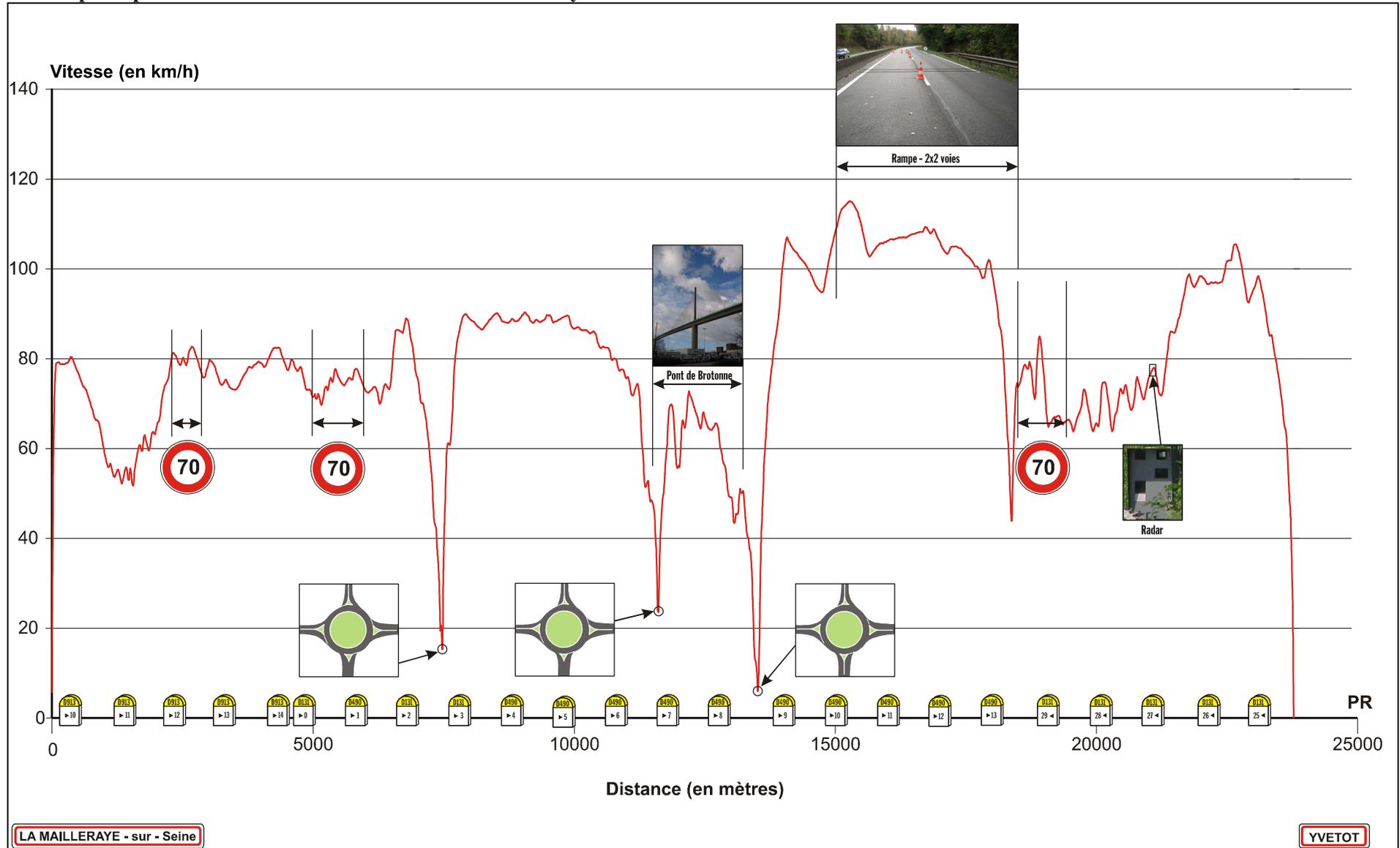
Annexe IV : 3 types de conduite sur la rampe



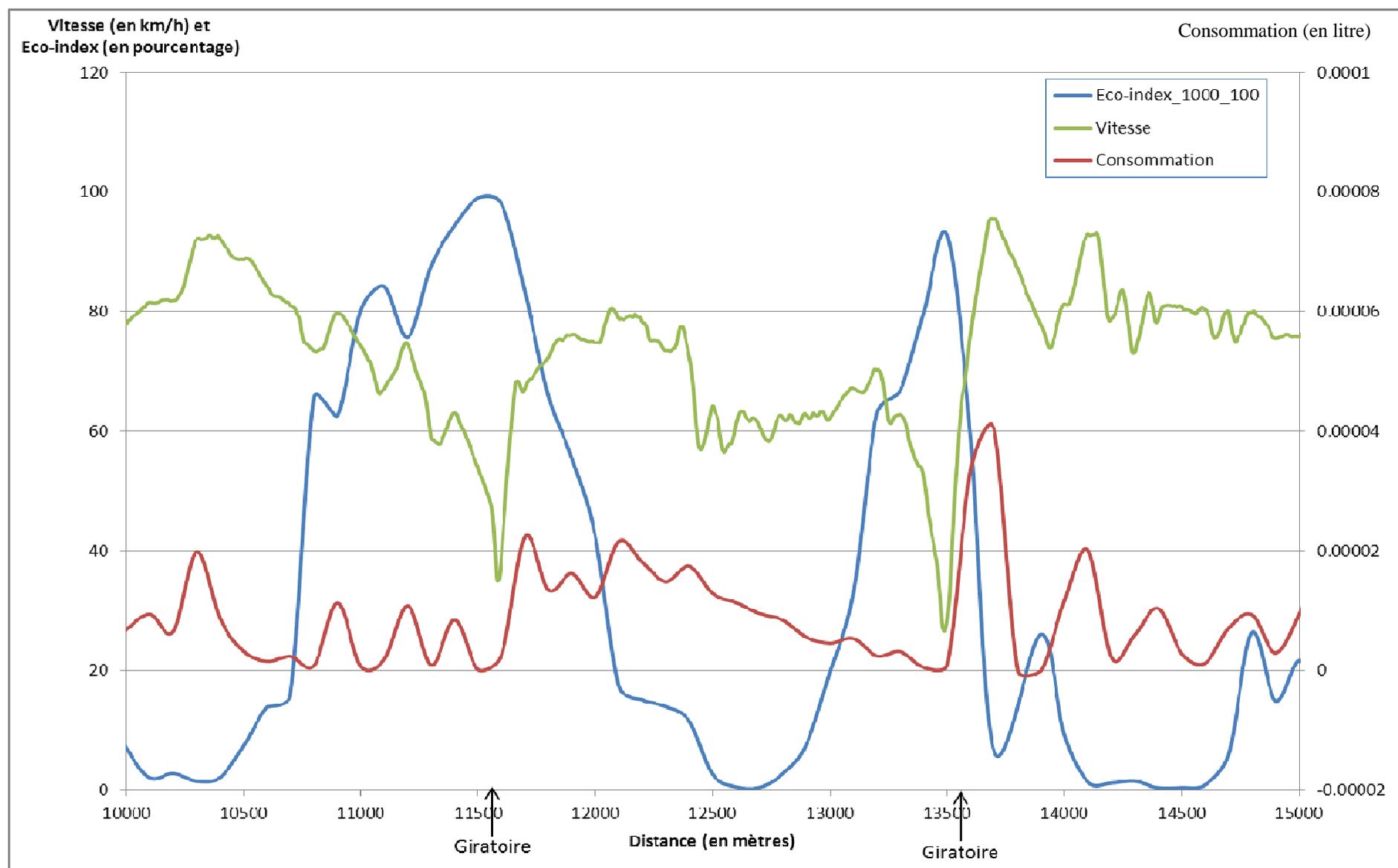
Annexe V : 3 types de conduite au passage d'un radar fixe



Annexe VI : Exemple de profil de vitesse illustré sur l'Axe Yvetot La Mailleraye



Annexe VII : Consommation, vitesse et éco-index d'une conduite excessive aux abords de 2 giratoires



aménagement  
Ressources, territoires, habitats et logements  
Énergie et climat Développement durable  
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

Présent  
pour  
l'avenir

---

**CETE Normandie Centre**  
DITM  
Groupe Exploitation de la route  
Simulation dynamique Métrologie  
10, chemin de la Poudrière BP 245  
76121 Le Grand-Quevilly cedex  
téléphone : 02 35 68 81 69  
télécopie 02 35 68 81 23  
courriel : [DITM.CETE-NC@developpement-durable.gouv.fr](mailto:DITM.CETE-NC@developpement-durable.gouv.fr)  
[www.cete-normandie-centre.developpement-durable.gouv.fr](http://www.cete-normandie-centre.developpement-durable.gouv.fr)

