

Mathieu Hirtzig et David Wilgenbus

Le Grand Paris Express, mon nouveau métro

Séquence pédagogique
pour les classes de cycle 3



Le Grand Paris Express, mon nouveau métro

**Séquence pédagogique
pour les classes de cycle 3 (CM1, CM2, 6^e)**

Table des matières

Le Grand Paris Express, mon nouveau métro	1
Introduction	3
Éclairage pédagogique	4
Présentation générale du module pédagogique	9
Séance 1 : Quels sont les avantages et inconvénients des transports ?	12
Fiche 1 : Le Grand Paris Express changera la vie des Franciliens	14
Séance 2 : En quoi le transport routier est-il polluant ?	15
Fiche 2 : Concentration de l'atmosphère en NO ₂ au cours de la journée	19
Fiche 3 : Concentration de l'atmosphère en CO au cours de la journée	20
Fiche 4 : Concentration de l'atmosphère en particules au cours de la journée	21
Fiche 5 : Température et Concentration de CO ₂	22
Séance 3 : Comparaison de la voiture et du bus en ville : quel espace ? quel temps de trajet ?	23
Fiche 6 : Les déplacements en France	26
Fiche 7 : Vignettes bus et voitures	27
Séance 4 : Transport et étalement urbain : comment les villes se sont-elles étendues en 300 ans ?	28
Fiche 8 : Etalement urbain (1)	32
Fiche 9 : Etalement urbain (2)	33
Séance 5 : Les transports ont-ils un impact sur les écosystèmes ?	35
Fiche 10 : Impacts sur le vivant	38
Fiche 11 : Evitement, réduction ou compensation des impacts	39
Séance 6 : Selon quels critères comparer nos moyens de transport ?	40
Fiche 12 : Comparons différents moyens de transport	43
Séance 7 : Des outils pour faciliter l'intermodalité	44
Fiche 13 : L'Intermodalité pour un trajet dans les rues de Massy	48
Séance 8 : Comment concevoir la ville idéale ?	49
Séance 9 : Comment bien voyager ensemble ?	52
Séance 10 : Evaluation-bilan	54
Remerciements	56
Crédits photographiques	56

Introduction

Pourquoi étudier les transports à l'école et au collège ?

Les transports, un enjeu majeur

La mobilité est devenue un élément fondamental de notre organisation sociale, conditionnant l'accès aux ressources, à l'emploi, aux loisirs. L'augmentation de la population dans le monde, son urbanisation croissante et le développement de modes de vie axés sur la consommation ont conduit à une véritable explosion des déplacements professionnels ou de loisirs.

De ce fait, la pression des transports sur notre environnement, notre santé et notre économie est devenue préoccupante. Comment articuler nos besoins de mobilité avec la préservation de nos ressources et de notre qualité de vie ? Le projet du Grand Paris ne déroge pas à ce questionnement : c'est tout l'enjeu de l'écomobilité, qui repose à la fois sur le développement des transports en commun et des transports doux et sur un meilleur usage de la voiture. Au-delà, il s'agit de repenser notre relation avec le territoire, et la ville en particulier.

Les transports, un thème pluridisciplinaire pour l'école et le collège

La thématique des transports est riche : outre l'aspect technique et technologique, elle peut se focaliser sur notre relation au territoire ou sur les enjeux environnementaux, sanitaires et sociétaux. Elle s'inscrit pleinement dans l'éducation au développement durable, qui vise à sensibiliser les enfants à la protection de l'environnement dans leurs gestes quotidiens, à les responsabiliser dans leur manière d'agir et de consommer et à leur faire prendre conscience de leur rôle citoyen. La dimension collective des questions abordées est centrale.

Un tel enseignement s'ancre ainsi dans de nombreuses disciplines : sciences, technologie, géographie, histoire, mais aussi mathématiques, instruction civique, TICE... Cette pluridisciplinarité se décline aussi bien à l'école primaire qu'au collège !

Des outils clés en main pour « Le Grand Paris Express, mon nouveau métro »

C'est dans ce contexte que la Société du Grand Paris et la Fondation *La main à la pâte*¹ ont développé le projet « Le Grand Paris Express, mon nouveau métro » pour les classes de Cycle 3 (CM1, CM2, 6^e). Ce projet pluridisciplinaire vise à développer la culture scientifique et technologique des élèves et à les sensibiliser aux aspects environnementaux, sanitaires, économiques et sociaux des transports.

Il met en avant l'activité des élèves par le questionnement, l'expérimentation, la modélisation, l'étude documentaire et le débat. Cette démarche les conduit à observer les phénomènes en jeu, à émettre activement des hypothèses ou interprétations, à adopter une attitude critique à l'égard de l'information qu'ils reçoivent et à cheminer progressivement vers des connaissances qu'ils construisent ensemble, guidés par l'enseignant(e).

Le projet « Le Grand Paris Express, mon nouveau métro » s'articule autour de ce guide pédagogique, qui comporte :

- Un module d'activités de classe, composé de 10 séances clés en main organisées en une séquence scénarisée et cohérente ;
- un éclairage pédagogique pour guider l'enseignant(e) dans la mise en œuvre du projet ;
- des fiches documentaires à photocopier.

.....
1 La Fondation *La main à la pâte*, fondée par l'Académie des sciences, l'École normale supérieure, et l'École normale supérieure de Lyon, vise à développer un enseignement scientifique et technologique de qualité à l'école et au collège : www.fondation-lamap.org

Éclairage pédagogique

« Le Grand Paris Express, mon nouveau métro » : un outil clés en main

Cet ouvrage présente une progression qui peut être considérée comme « clés en main » : toutes les séances ont été validées par des scientifiques et des didacticiens, puis testées dans une vingtaine de classes de différents profils (milieu rural/urbain, favorisé ou non, avec des enseignants débutants ou expérimentés...). La description des séances est suffisamment précise pour permettre à un enseignant, même peu familiarisé avec la démarche d'investigation, de savoir où il met les pieds. Chacune précise quelle est la durée approximative de l'activité, quel est le matériel nécessaire, par quel questionnement démarrer l'investigation, quelles sont les difficultés potentielles, quel type de conclusion est visé...

Attention, le caractère « clés en main » de cet outil ne doit pas faire oublier l'importance, pour l'enseignant, de réaliser lui-même, à l'avance, les différentes activités (études documentaires, expérimentations...) afin de prendre conscience de leur durée et degré de difficulté, et ainsi de pouvoir adapter le déroulement aux contraintes de sa classe.

Comment mettre en œuvre une démarche d'investigation en sciences ?

Selon le sujet d'études, la nature des recherches, les réactions des élèves, le matériel et le temps disponible, les séances du module « Le Grand Paris Express, mon nouveau métro » peuvent prendre des formes complètement différentes. Néanmoins, il s'agit souvent d'une investigation, qui passe en général par trois phases :

- un questionnement, initié par l'enseignant ou les élèves ;
- une recherche qui peut être documentaire, expérimentale, observationnelle... ;
- une structuration des savoirs entraînant, à son tour, un nouveau questionnement, une nouvelle recherche, etc.

Il peut arriver cependant qu'une séance ne contienne pas l'ensemble de ces trois phases, mais que ces dernières soient réparties sur plusieurs séances traitant d'un même problème. De même, il arrive, parfois, qu'une notion nécessite un guidage plus fort de la part de l'enseignant et que nous proposons alors quelques séances plus directives.

Les paragraphes qui suivent éclairent rapidement les grandes phases d'une démarche d'investigation.

La phase de questionnement

De la diversité des réponses fournies à ce questionnement, de leur confrontation, voire de leurs divergences, va se dessiner un problème que les élèves auront à résoudre. L'enseignant conduit la discussion qui amènera les élèves à prendre conscience du problème, de ce qu'ils cherchent à savoir ou à montrer. Pour cela, il encourage la communication entre les élèves et les guide dans leur réflexion : « Et vous, que diriez-vous ? Qu'en pensez-vous ? »

La formulation des hypothèses

En s'appuyant sur son expérience ou ses connaissances, l'élève donne des explications exactes ou non. C'est en passant par l'investigation, via une recherche documentaire et/ou une expérimentation que les élèves vont pouvoir confirmer ou infirmer ce postulat de départ. L'expérience vient alors, non pas comme une fin en soi, mais comme une nécessité permettant de tester la pertinence d'une hypothèse.

La formulation des conceptions ou des hypothèses des élèves (ce qu'ils pensent savoir, ce qu'ils pensent comprendre et pouvoir expliquer d'un phénomène) peut être faite de façon individuelle ou collective :

- À l'écrit sous la forme d'un dessin légendé, d'un texte argumenté, d'une liste issue d'un brainstorming, etc.
- À l'oral, et prendre la forme d'une discussion collective argumentée entre les élèves.

La phase de recherche

Lors de cette phase, toujours guidé par l'enseignant, l'élève s'investit dans la recherche de solutions au problème posé. Il s'agit de mettre à l'épreuve les « hypothèses » retenues.

L'enseignant veille à ce que les modalités de recherche soient trouvées par les élèves eux-mêmes, ceux-ci ne devant pas être de simples exécutants. Il peut parfois les aider, en cas de blocage, en leur présentant par exemple le matériel disponible.

Lorsque l'expérience n'est pas possible, la recherche documentaire, la modélisation, la construction, l'observation, l'interview permettent aux élèves de valider ou réfuter les hypothèses précédemment émises.

La structuration des savoirs

Plusieurs allers-retours entre questionnement et recherche sont parfois nécessaires avant de pouvoir répondre au problème et construire ainsi de nouvelles connaissances.

C'est lors de la phase orale collective que la classe construit véritablement un savoir commun. Le débat y tient une place primordiale. Cette mise en commun ne doit pas être vue comme un dialogue entre élèves et enseignant, mais comme un dialogue entre élèves, facilité par l'enseignant.

Toute la classe participe à l'élaboration d'une trace écrite collective, qui fait consensus et qui résume ce qui a été appris et compris. Cette conclusion permet également de prendre de la distance avec l'activité réalisée afin de pouvoir commencer à généraliser et conceptualiser. La précision du vocabulaire devient ici centrale. Cette trace écrite collective est souvent textuelle, mais peut s'agréments d'autres formes de présentation : graphique, schéma, frise chronologique...

La conclusion de la classe fait consensus... mais cela ne signifie pas qu'elle soit valable ! On peut être tous d'accord et tous se tromper ! Une étape essentielle, souvent oubliée, de l'investigation est la nécessaire confrontation du savoir construit en classe (nos conclusions) avec le savoir établi (ce que savent les scientifiques). Cette confrontation se fait à l'aide de livres, documents... ou même avec l'enseignant qui est, lui aussi, dépositaire du savoir établi.

Dans le guide pédagogique « Le Grand Paris Express, mon nouveau métro » sont présentées des conclusions-types à la fin de chaque séance. Il s'agit bien entendu d'exemples (basés sur des tests réalisés en classe) destinés à guider l'enseignant. Il serait cependant dommage que ces conclusions soient utilisées telles quelles. **Nous recommandons aux enseignants de laisser leurs élèves élaborer leurs propres conclusions**, basées sur le travail effectivement réalisé en classe.

Sciences et maîtrise des langages

La communication orale ou écrite est présente tout au long de la séquence pédagogique. Le cahier d'expériences, en particulier, est un outil précieux dont les usages méritent d'être détaillés.

Pourquoi les élèves écrivent-ils ?

L'écrit invite à mettre à distance, à clarifier et à formuler ses pensées afin de les rendre compréhensibles par tous. Les élèves non familiers des démarches d'investigation écrivent peu spontanément. Cette activité nécessite donc un apprentissage, qui sera effectif si les élèves en comprennent l'utilité. Tous les écrits, dans leurs formes les plus diverses (dessins, schémas, légendes, textes descriptifs ou explicatifs), contribuent à la construction des apprentissages.

- L'élève écrit pour lui-même

L'écrit permet à l'élève d'agir (préciser un dispositif, faire des choix, planifier, anticiper sur des résultats), de mémoriser (garder trace d'observations, de recherches, de lectures, revenir sur une activité antérieure) et de comprendre (organiser, trier, structurer, mettre en relation des écrits antérieurs, reformuler des écrits collectifs).

- L'élève écrit pour les autres

L'écrit lui permet de transmettre ce qu'il a compris, de questionner les autres élèves, mais aussi des personnes extérieures à la classe (autres classes, familles...), d'expliquer ce qu'il a fait ou compris, de synthétiser...

Le cahier d'expériences peut être organisé en deux parties : individuelle et collective.

Les **écrits individuels** constituent un espace personnel de l'élève, qui y écrit ses premières réponses aux questions posées, décrit les activités qui lui permettraient de répondre à ces questions, note ses prévisions, rédige ses comptes rendus. Ces écrits peuvent prendre la forme de textes, mais aussi de schémas, dessins, graphiques... Ils servent de moteur de réflexion et de trace de l'action : à ce titre, ils sont pour l'enseignant un moyen de suivre les progrès et le cheminement personnel de chaque enfant. Il est important que l'enseignant n'intervienne pas d'autorité sur ces écrits personnels (pour en corriger les erreurs, par exemple). Il pourra par contre aider l'enfant à les structurer petit à petit. Des écrits initialement peu élaborés et peu structurés vont s'enrichir petit à petit d'une description des dispositifs expérimentaux (liste du matériel, protocole, schéma ou dessin), d'une écriture des résultats et de leur interprétation, de conclusions...

Les **écrits collectifs** sont le fruit d'un véritable effort de confrontation d'idées et de propositions. Ils ont alors le statut d'écrits « validés », et doivent donc veiller à respecter les règles orthographiques et syntaxiques, et à s'enrichir d'un lexique précis.

Évaluer les acquis des élèves

Comment évaluer les connaissances et les compétences développées par les élèves au cours d'un projet comme celui-ci ? La réponse à cette question dépend avant tout de l'usage qui sera fait de cette évaluation. S'agit-il de vérifier, à la fin du projet, que les élèves ont bien acquis telle ou telle notion, dans le but de les noter, par exemple ? S'agit-il plutôt de recueillir des indices sur leur niveau de compréhension tout au long de l'investigation, qui permettront à l'enseignant d'adapter le déroulement de sa progression ?

Le premier cas correspond à ce que l'on nomme « **évaluation sommative** ». Nous proposons ici (en Séance 10, page 54) une séance bilan qui ne peut pas, en soi, constituer une évaluation, mais qui permet de dresser un bilan à la fois individuel et collectif de ce que les élèves ont compris et retenu au cours du projet. Cette séance prend la forme de la réalisation d'une carte heuristique (dite aussi « carte mentale »). Cependant, pour être précise, fiable et utile, une évaluation des connaissances, des compétences et des attitudes se complète avantageusement par l'observation régulière du comportement de l'élève, de son travail individuel ou en groupe et des traces écrites consignées dans son cahier d'expériences. Une telle évaluation, menée au fur et à mesure du déroulement du projet, permet d'en adapter la progression. Ainsi, si l'enseignant constate que certains élèves butent sur une notion, il pourra consacrer quelques minutes ou une séance entière à une autre activité. Cette situation de détour permettra d'aborder d'une manière différente la notion qui était mal assimilée par certains élèves, sans pour autant ennuyer les autres. Le cahier d'expériences peut être un excellent outil pour l'**évaluation formative**, dès lors que les élèves l'utilisent systématiquement pour écrire ce qu'ils pensent du problème étudié (leurs idées, conceptions, prévisions, suggestions ou hypothèses), explicitent par quel moyen ils vont résoudre ce problème (protocole expérimental, par exemple), rendent compte de leurs résultats, expliquent sous forme de conclusion ce qu'ils en ont compris, individuellement, avant d'élaborer et rédiger une synthèse collective au sein de la classe.

Liens avec les programmes et le Socle commun de connaissances, de compétences et de culture

Ce guide pédagogique permet, par la diversité des contenus et des démarches utilisées, d'acquérir des connaissances et compétences conformes aux attentes du Socle commun. Afin de faciliter sa mise en relation avec les instructions officielles, nous présentons ci-dessous :

- Les capacités telles qu'elles sont formulées dans le Socle commun
- Les connaissances disciplinaires, issues des programmes en vigueur (B.O. 2015)

NB : par souci de concision, nous ne reportons ici que les domaines spécifiquement traités par le projet (science et technologie, géographie) et laissons de côté toutes les compétences transversales en français, arts plastiques, TICE... qui sont pourtant largement mobilisées au cours de ce projet transdisciplinaire.

Capacités (socle commun)

Domaine 1 : les langages pour penser et communiquer

Comprendre, s'exprimer en utilisant les langages mathématiques, scientifiques et informatiques

L'élève utilise les principes du système de numération décimal et les langages formels (lettres, symboles...) propres aux mathématiques et aux disciplines scientifiques, notamment pour effectuer des calculs et modéliser des situations. Il lit des plans, se repère sur des cartes. Il produit et utilise des représentations d'objets, d'expériences, de phénomènes naturels tels que schémas, croquis, maquettes, patrons ou figures géométriques. Il lit, interprète, commente, produit des tableaux, des graphiques et des diagrammes organisant des données de natures diverses.

Domaine 4 : les systèmes naturels et les systèmes techniques

Démarches scientifiques

L'élève sait mener une démarche d'investigation. Pour cela, il décrit et questionne ses observations ; il prélève, organise et traite l'information utile ; il formule des hypothèses, les teste et les éprouve ; il manipule, explore plusieurs pistes, procède par essais et erreurs ; il modélise pour représenter une situation ; il analyse, argumente, mène différents types de raisonnements (par analogie, déduction logique...) ; il rend compte de sa démarche. Il exploite et communique les résultats de mesures ou de recherches en utilisant les langages scientifiques à bon escient.

L'élève pratique le calcul, mental et écrit, exact et approché, il estime et contrôle les résultats, notamment en utilisant les ordres de grandeur. Il résout des problèmes impliquant des grandeurs variées (géométriques, physiques, économiques...), en particulier des situations de proportionnalité. Il interprète des résultats statistiques et les représente graphiquement.

Conception, création, réalisation

L'élève imagine, conçoit et fabrique des objets et des systèmes techniques. Il met en œuvre observation, imagination, créativité, sens de l'esthétique et de la qualité, talent et habileté manuels, sens pratique, et sollicite les savoirs et compétences scientifiques, technologiques et artistiques pertinents.

Responsabilités individuelles et collectives

L'élève connaît l'importance d'un comportement responsable vis-à-vis de l'environnement et de la santé et comprend ses responsabilités individuelle et collective. Il prend conscience de l'impact de l'activité humaine sur l'environnement, de ses conséquences sanitaires et de la nécessité de préserver les ressources naturelles et la diversité des espèces. Il prend conscience de la nécessité d'un développement plus juste et plus attentif à ce qui est laissé aux générations futures.

Il sait que la santé repose notamment sur des fonctions biologiques coordonnées, susceptibles d'être perturbées par des facteurs physiques, chimiques, biologiques et sociaux de l'environnement et que certains de ces facteurs de risques dépendent de conduites sociales et de choix personnels.

Domaine 5 : les représentations du monde et l'activité humaine

L'espace et le temps

L'élève [...] est capable d'appréhender [...] les problématiques mondiales concernant l'environnement, les ressources, les échanges, l'énergie, la démographie et le climat.

Organisations et représentations du monde

L'élève lit des paysages, identifiant ce qu'ils révèlent des atouts et des contraintes du milieu ainsi que de l'activité humaine, passée et présente. Il établit des liens entre l'espace et l'organisation des sociétés.

Invention, élaboration, production

L'élève imagine, conçoit et réalise des productions de natures diverses, y compris littéraires et artistiques. Pour cela, il met en œuvre des principes de conception et de fabrication d'objets ou les démarches et les techniques de création. Il tient compte des contraintes des matériaux et des processus de production en respectant l'environnement. Il mobilise son imagination et sa créativité au service d'un projet personnel ou collectif.

Pour mieux connaître le monde qui l'entoure comme pour se préparer à l'exercice futur de sa citoyenneté démocratique, l'élève pose des questions et cherche des réponses en mobilisant des connaissances sur :

- les principaux modes d'organisation des espaces humanisés ;
- les grandes découvertes scientifiques et techniques et les évolutions qu'elles ont engendrées, tant dans les modes de vie que dans les représentations ;
- les principales manières de concevoir la production économique, sa répartition, les échanges qu'elles impliquent ;
- les règles et le droit de l'économie sociale et familiale, du travail, de la santé et de la protection sociale.

Connaissances disciplinaires (programmes du cycle 3)

Enseignement moral et civique

La sensibilité : soi et les autres

- Respecter autrui et accepter les différences

Le droit et la règle : des principes pour vivre avec les autres

- Comprendre les notions de droits et devoirs, les accepter et les appliquer
 - Les différents contextes d'obéissance aux règles, le règlement intérieur, les sanctions

Histoire et géographie

Histoire

- L'âge industriel en France : énergies et machines, la ville industrielle, le monde rural

Géographie

- Se loger, travailler, se cultiver, avoir des loisirs en France : dans des espaces urbains
- Consommer en France
 - Satisfaire les besoins en énergie, en eau
 - Satisfaire les besoins alimentaires
- Se déplacer
 - Se déplacer au quotidien en France
- Habiter une métropole
 - La ville de demain.

Sciences et technologie

Matière, mouvement, énergie, information

- Identifier différentes sources et connaître quelques conversions d'énergie
 - Prendre conscience que l'être humain a besoin d'énergie pour vivre, se chauffer, se déplacer, s'éclairer...
 - Reconnaître les situations où l'énergie est stockée, transformée, utilisée. La fabrication et le fonctionnement d'un objet technique nécessitent de l'énergie.

Matériaux et objets techniques

- Identifier les principales familles de matériaux
 - Impact environnemental

Situer la Terre dans le système solaire et caractériser les conditions de la vie terrestre

- Identifier les composantes biologiques et géologiques d'un paysage.
 - Paysages, géologie locale, interactions avec l'environnement et le peuplement.

Mathématiques

Nombres et calculs

- Calculer avec des nombres entiers et des nombres décimaux
- Organisation et gestion de données
 - Prélever des données numériques à partir de supports variés. Produire des tableaux, diagrammes et graphiques organisant des données numériques.
 - Représentations usuelles : tableaux (en deux ou plusieurs colonnes, à double entrée), graphiques cartésiens.

Grandeurs et mesures

- Comparer, estimer, mesurer des grandeurs géométriques avec des nombres entiers et des nombres décimaux : longueur (périmètre), aire, volume, angle ; Utiliser le lexique, les unités, les instruments de mesures spécifiques de ces grandeurs.
 - Comparer, classer et ranger des surfaces selon leurs aires sans avoir recours à la mesure.
 - Déterminer la mesure de l'aire d'une surface à partir d'un pavage simple ou en utilisant une formule.
- Résoudre des problèmes impliquant des grandeurs (géométriques, physiques, économiques) en utilisant des nombres entiers et des nombres décimaux
 - Résoudre des problèmes dont la résolution mobilise simultanément des unités différentes de mesure et/ou des conversions.
- Proportionnalité
 - Identifier une situation de proportionnalité entre deux grandeurs.

Espace et géométrie

- (Se) repérer et (se) déplacer dans l'espace en utilisant ou en élaborant des représentations
 - Se repérer, décrire ou exécuter des déplacements, sur un plan ou sur une carte.

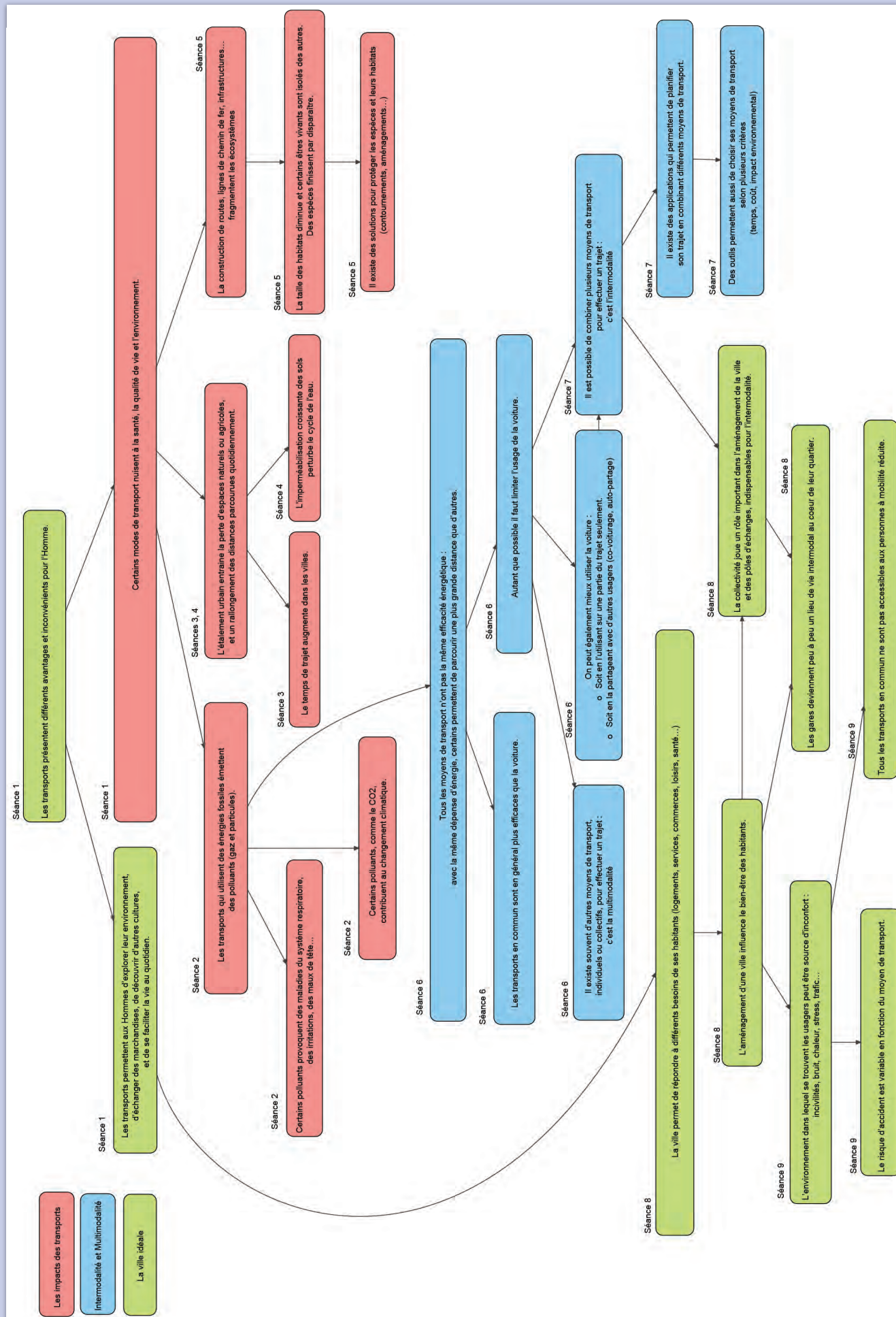
Présentation générale du module pédagogique

Titre	Page	Activités/ Disciplines	Résumé
Séance 1 Quels sont les avantages et inconvénients des transports ?	12	Débat	À partir de coupures de presse évoquant le projet du Grand Paris, les élèves se questionnent sur le contexte de ce projet, et plus généralement sur la place qu'occupent les transports dans notre vie quotidienne. Ils évoquent leurs effets bénéfiques, mais aussi les nuisances qu'ils occasionnent.
Séance 2 En quoi le transport routier est-il polluant ?	15	- Etude documentaire - Représentation graphique de données - Débat - Sciences et technologie	Les élèves, répartis en plusieurs groupes, étudient diverses émissions liées au transport routier (CO ₂ , NOx, particules fines...) et construisent des graphiques montrant leur évolution au fil du temps. Ils discutent des effets du transport routier sur la santé et le climat.
Séance 3 Comparaison de la voiture et du bus en ville : quel espace ? quel temps de trajet ?	23	- Modélisation - Débat - Géographie	À l'aide de miniatures, les élèves comparent l'espace pris par la voiture et par le bus pour transporter le même nombre de personnes. Ils s'interrogent alors sur la place prise par la voiture dans la ville, l'étalement urbain et les embouteillages.
Séance 4 Transport et étalement urbain : comment les villes se sont-elles étendues en 300 ans ?	28	- Etude documentaire - Expérimentation - TICE - Géographie et Histoire	À l'aide de différentes photographies aériennes ou cartes de la région parisienne réalisées à des époques différentes, les élèves mesurent les surfaces forestières et agricoles qui ont été peu à peu urbanisées. Ils expérimentent pour comprendre l'impact de cette artificialisation des sols sur le cycle de l'eau.
Séance 5 Les transports ont-ils un impact sur les écosystèmes ?	35	- Etude documentaire - Sciences et technologie - Géographie	Les élèves étudient un autre type d'impact des transports sur les écosystèmes : la fragmentation des habitats. Ils imaginent des solutions pour la limiter ou la compenser, et comparent ces solutions avec celles étudiées par le projet du Grand Paris Express.
Séance 6 Selon quels critères comparer nos moyens de transport ?	40	Mathématiques	Les élèves calculent les émissions de CO ₂ de différents moyens de transports accessibles en Ile de France. Ils classent alors ces véhicules selon plusieurs critères de coût, d'efficacité énergétique ou de temps de trajet. Ils se familiarisent avec la notion de multimodalité.

Séance 7 Des outils pour faciliter l'intermodalité	44	• TICE	Afin de planifier un trajet entre leur école et la piscine municipale, les élèves découvrent plusieurs outils (sites web et applications) permettant de se déplacer efficacement en ville. L'étude de cas permet de voir les améliorations apportées par le Grand Paris Express. Les élèves se familiarisent ainsi avec la notion d'intermodalité.
Séance 8 Comment concevoir la ville idéale ?	49	• Débat • Arts plastiques • Géographie	Les élèves listent les besoins des habitants d'une ville et imaginent une organisation urbaine permettant d'y pourvoir tout en minimisant les impacts sanitaires, sociaux et environnementaux. En prolongement, ils construisent la maquette de leur ville idéale.
Séance 9 Comment bien voyager ensemble ?	52	• Débat • EMC	Les élèves témoignent des problèmes qu'ils rencontrent au quotidien dans les transports, notamment les incivilités, et cherchent des solutions pour y remédier.
Séance 10 Evaluation-bilan	54	• Carte heuristique	Les élèves élaborent une carte heuristique afin de synthétiser ce qu'ils ont appris au cours des séances précédentes, en particulier sur la ville et les transports.

Scénario conceptuel

Le scénario conceptuel suivant permet de suivre la progression notionnelle, exprimée en langage élève, des concepts découverts ou approfondis par les élèves au cours de ce projet.



Quels sont les avantages et inconvénients des transports ?

Résumé	À partir de coupures de presse évoquant le projet du Grand Paris, les élèves se questionnent sur le contexte de ce projet, et plus généralement sur la place qu'occupent les transports dans notre vie quotidienne. Ils évoquent leurs effets bénéfiques, mais aussi les nuisances qu'ils occasionnent.
Notions (cf. scénario conceptuel, page 11)	• Les transports présentent différents avantages et inconvénients pour l'Homme. • Les transports permettent aux Hommes d'explorer leur environnement, d'échanger des marchandises, de découvrir d'autres cultures, et de se faciliter la vie au quotidien. • Certains modes de transport nuisent à la santé, la qualité de vie et l'environnement.
Liens avec les programmes (cf. détails page 7)	Géographie • Se loger, travailler, se cultiver, avoir des loisirs en France - Dans des espaces urbains • Consommer en France - Satisfaire les besoins en énergie, en eau • Se déplacer - Se déplacer au quotidien en France
Modalités d'investigation	Débat
Matériel	• Affiche A4 • Fiche 1
Lexique	Gêne, qualité de vie, santé, nuisances, pollutions
Durée :	1 heure

Situation déclenchante

L'enseignant distribue la Fiche 1 aux élèves². Après un temps de lecture individuel, les élèves débattent de ce qu'évoque pour eux le projet du Grand Paris. En particulier, l'enseignant note au tableau leurs réponses à la question : *Pourquoi les transports occupent-ils une place si importante dans nos vies ?*

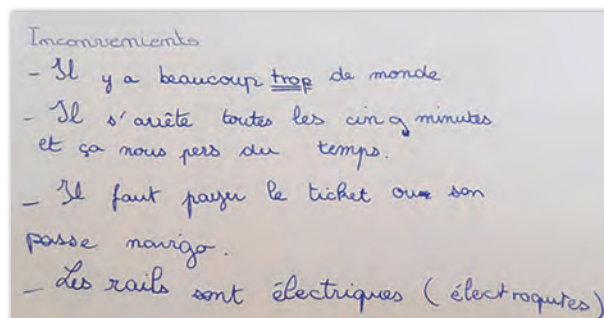
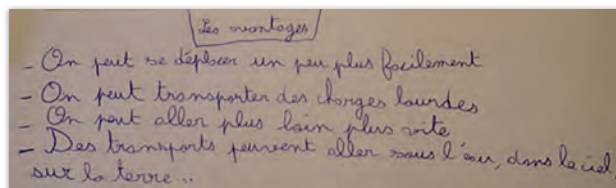
Débat (collectivement)

L'enseignant demande : *À votre avis, quels sont les avantages et les inconvénients des moyens de transport ?*

Les élèves se répartissent par groupe : la moitié doit réfléchir aux avantages procurés par les moyens de transport, l'autre moitié aux inconvénients. Chaque groupe note sur une affiche A4 ses réponses.

² La Fiche documentaire peut être remplacée par une revue de presse réalisée en amont.

Il est nécessaire à ce stade de bien définir les termes « avantages » et « inconvénients ».



Classe de CM2 de Marion Fouret (le Kremlin-Bicêtre)

Mises en commun

Le tableau suivant présente un panel de propositions possibles.

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Permet d'aller plus loin (par rapport à la marche, qui est le moyen de locomotion naturel) • Permet d'aller plus vite • Permet d'accéder à des espaces sinon inaccessibles (mer, ciel, espace...) • Permet de transporter plusieurs personnes en même temps • Permet de se déplacer sans effort • Permet les échanges commerciaux (mondialisation) • Permet de découvrir d'autres cultures (loisirs / tourisme, ouverture sur le monde)	• Pollution (de l'air ou de l'eau) • Accidents (Hommes ou bêtes) • Contraventions • Pannes • Embouteillages • Bruits • Absence de confort (mauvaises odeurs, serrés, retards) • Coût • Nécessite des infrastructures (route, rail, port...)

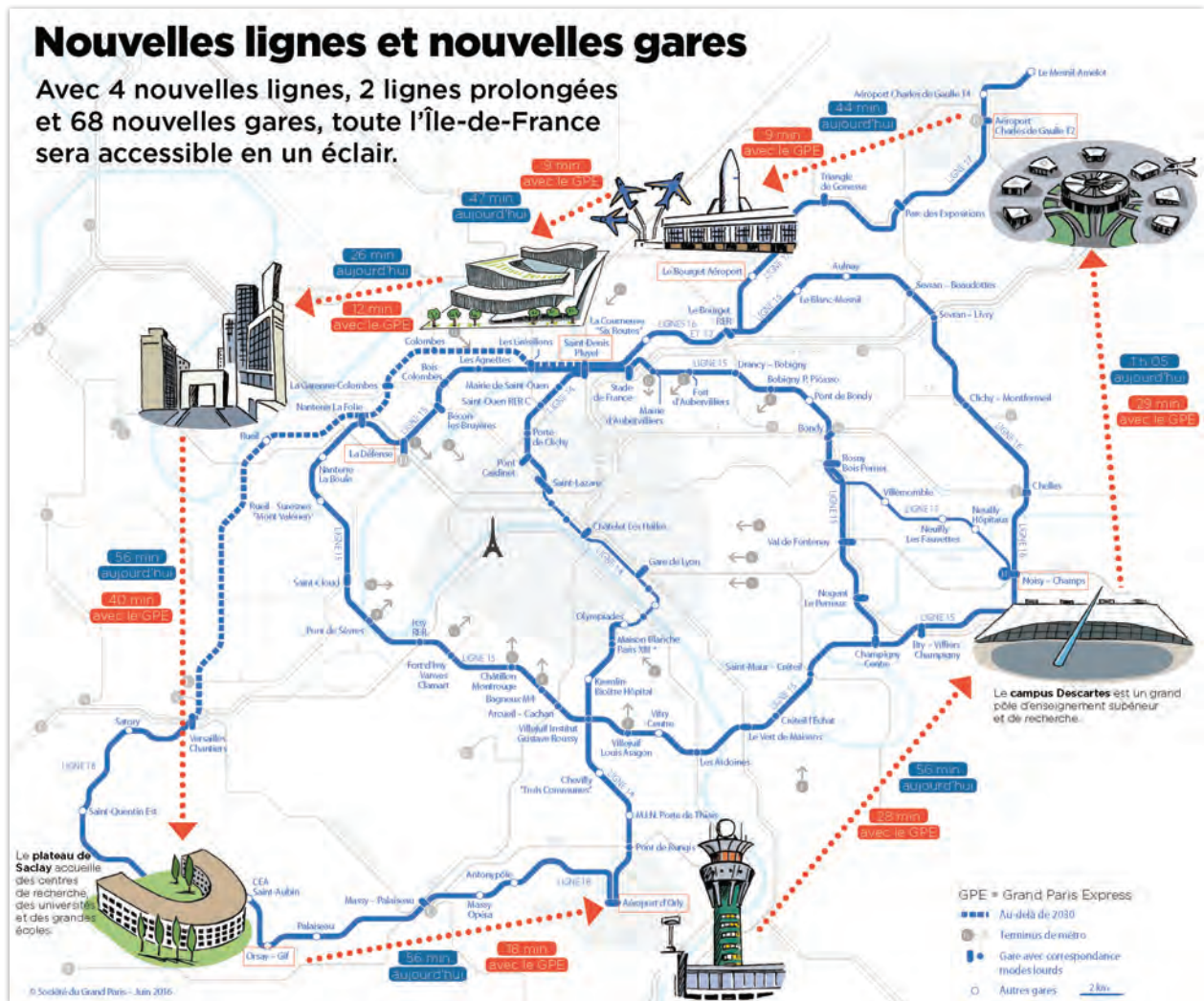
Pour chaque réponse, l'enseignant demande aux élèves s'ils vivent eux-mêmes ces avantages ou ces inconvénients, ou s'ils les ont entendus de leurs parents ou des médias. Il leur demande ensuite comment ils pourraient faire pour vérifier ces affirmations (études documentaires, enquêtes intergénérationnelles...).

Dans certaines classes, les élèves peuvent se focaliser sur les impacts qui concernent l'Homme. Dans ce cas, ne pas hésiter à les questionner sur d'autres types d'impacts (notamment sur l'environnement).

Conclusion

La classe élabore une conclusion collective, par exemple : *malgré tous leurs inconvénients, on continue à utiliser les transports, car ils nous rendent de nombreux services.*

Le Grand Paris Express changera la vie des Franciliens



Ce futur métro est un projet monumental. Il va améliorer le quotidien des 12 millions d'habitants du Grand Paris en réduisant les temps de transport.

Les habitants d'Île-de-France passent parfois plus de 2 heures par jour dans les transports en commun ! Le Grand Paris Express veut simplifier la vie des banlieusards, qui mettent parfois 5 fois plus de temps que les Parisiens à se déplacer. Les déplacements seront plus rapides, en passant directement d'une banlieue à l'autre sans passer par Paris.

Autre avantage, le Grand Paris Express sera écologique. Les rames, électriques, ne rejettent aucun gaz toxique. Aux abords des gares, l'accès aux modes de transport doux (pistes cyclables, promenades piétonnes...) sera facilité pour limiter les trajets en voiture. Avec moins de voitures en circulation, la pollution diminuera. On circulera et on respirera mieux !

Grâce au nouveau métro, les villes seront aussi plus vivantes et dynamiques. Salles de spectacles, musées, parcs de loisirs mais aussi universités et grandes écoles... tout sera accessible rapidement ! Près des gares, des commerces, des espaces verts, des bureaux, des logements neufs seront construits... Ce métro va redynamiser nos banlieues !

Source : d'après **L'actu** (ISSN 1288-6939, édition 2016-2017)

Résumé	Les élèves, répartis en plusieurs groupes, étudient diverses émissions liées au transport routier (CO ₂ , NOx, particules fines...) et construisent des graphiques montrant leur évolution au fil du temps. Ils discutent des effets du transport routier sur la santé et le climat.
Notions (cf. scénario conceptuel, page 11)	- Les transports qui utilisent des énergies fossiles émettent des polluants (gaz et particules). - Certains polluants provoquent des maladies du système respiratoire, des irritations, des maux de tête... - Certains polluants, comme le CO₂, contribuent au changement climatique.
Liens avec les programmes (cf. détails page 7)	Sciences et technologie Matière, mouvement, énergie, information - Identifier différentes sources et connaître quelques conversions d'énergie - Prendre conscience que l'être humain a besoin d'énergie pour vivre, se chauffer, se déplacer, s'éclairer... - Reconnaître les situations où l'énergie est stockée, transformée, utilisée. La fabrication et le fonctionnement d'un objet technique nécessitent de l'énergie. Matériaux et objets techniques - Identifier les principales familles de matériaux - Impact environnemental Mathématiques Nombres et calculs - Organisation et gestion de données - Prélever des données numériques à partir de supports variés. Produire des tableaux, diagrammes et graphiques organisant des données numériques. - Représentations usuelles : - tableaux (en deux ou plusieurs colonnes, à double entrée), - graphiques cartésiens. Grandeurs et mesures - Proportionnalité - Identifier une situation de proportionnalité entre deux grandeurs.
Modalités d'investigation	- Etude documentaire - Expérimentation
Matériel	Pour chaque élève, une fiche au choix parmi : - Fiche 2 (Concentration de l'atmosphère en NO₂ au cours de la journée) - Fiche 3 (Concentration de l'atmosphère en CO au cours de la journée) - Fiche 4 (Concentration de l'atmosphère en particules au cours de la journée) - Fiche 5 (Température et Concentration de CO₂) Pour chaque groupe : - Bougie ou lampe à alcool - Eau de chaux (qu'on peut trouver en pharmacie) - Bocal en verre, avec couvercle
Lexique	Qualité de l'air, polluant, combustion, énergie fossile, CO ₂ , gaz à effet de serre, révolution industrielle
Durée :	1h30

Question initiale

L'enseignant débute la séance en demandant : *Pourquoi dit-on parfois que l'air est pollué ? En quoi certains moyens de transports peuvent-ils polluer l'air ?*

Après avoir noté les réponses des élèves, on définit en classe entière le vocabulaire qui aura été cité. En particulier, on revient, dans la discussion, sur le fait que l'air est composé de différents gaz (azote : 78%, dioxygène : 20%, autres : 1% = gaz rares, dioxyde de carbone...) on parle de pollution quand la proportion de ces gaz change, ou quand d'autres gaz apparaissent. La notion de polluant est systématiquement associée aux mauvaises odeurs : il faut alors préciser que le CO₂ n'a pas d'odeur et que les éventuelles mauvaises odeurs sont dues à d'autres gaz.

Etude documentaire (par groupes)

L'enseignant distribue à chaque élève d'un même groupe un exemplaire de la Fiche 2, 3, 4 ou 5. Chaque groupe étudiera ainsi un aspect différent de la pollution liée aux activités humaines en général et aux transports en particulier. Les trois premières fiches présentent, pour différents jours de la semaine, l'évolution de la concentration de l'atmosphère en polluants (dioxyde d'azote, monoxyde de carbone, particules fines) en région parisienne. L'exemple pris est celui de la Porte d'Auteuil. La quatrième fiche, quant à elle, retrace l'évolution au cours du dernier siècle de la température moyenne du globe et de la concentration atmosphérique en dioxyde de carbone.

L'enseignant s'assure que les élèves arrivent bien à lire le tableau (il peut le faire en demandant par exemple : « *quelle est la concentration en NO₂ de l'air, à Paris, le 13 février à 16 heures ?* »). La classe discute du sens des acronymes et des unités utilisés (1 mètre cube = 1000 litres, 1 microgramme = 1 millionième de gramme).

L'activité peut s'effectuer de plusieurs façons possibles :

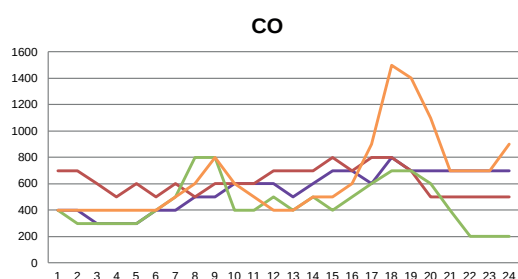
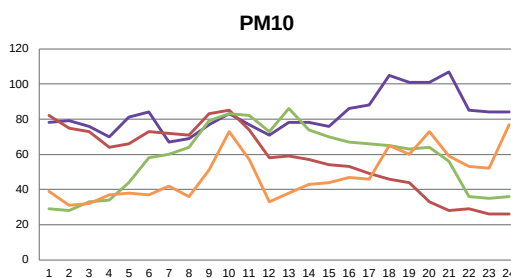
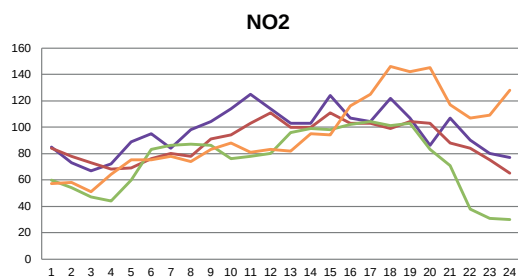
- Un élève par groupe a la charge de tracer une seule courbe : par transparence (ou si la fiche a été imprimée sur papier calque), on peut reconstituer la totalité du graphique en superposant les feuilles.
- Chaque élève trace toutes les courbes de sa Fiche.

Note scientifique :

- *Airparif* ne fournit pas de mesures heure par heure des NOx (oxydes d'azote, indifférenciés) ou de CO₂. Cependant, leur évolution est tout à fait semblable à celle du NO₂ et du CO que nous étudions ici.
- Si l'enseignant souhaite aller plus loin, il peut au choix proposer une étude documentaire portant sur les impacts sanitaires des polluants liés au trafic routier, ou apporter lui-même ces informations. Les principaux impacts sont :
 - particules fines : reconnues par l'OMS comme cancérigènes et responsables de nombreuses maladies respiratoires. Elles seraient à l'origine de 19 000 à 42 000 décès par an, en France.
 - Monoxyde de carbone (CO) : migraines, vertiges, troubles de la vision, hypoxie. À forte concentration, il est mortel.
 - hydrocarbures imbrûlés (HC) : affections des voies respiratoires et allergies.
 - oxydes d'azote (NOx) : problèmes respiratoires et pluies acides, eutrophisation des cours d'eau et des lacs.

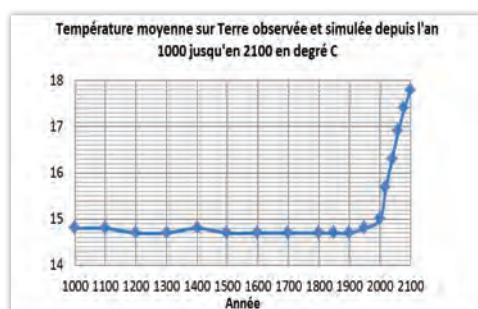
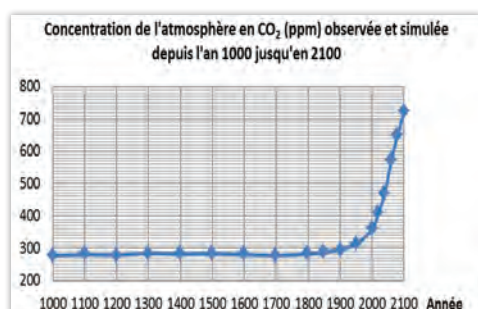
Mises en commun

En classe entière, on décrit et on analyse ces graphiques. Les élèves cherchent à quoi sont dues ces émissions. Ils repèrent que les dates observées sont un samedi, un dimanche, un lundi, un mercredi de la même semaine. Les élèves reviennent alors sur les différences entre les graphiques et cherchent à les expliquer.



Tracé des courbes d'évolution des polluants étudiés sur quatre journées : samedi (violet), dimanche (rouge), lundi (vert) et mercredi (orange). Au sein d'une même journée, il est aisé de repérer les périodes de pointe du transport automobile : les allers et retours du lundi matin et du lundi soir, les loisirs du mercredi après-midi... ou les bouchons des sorties du samedi soir (à proximité de la Porte d'Auteuil se trouvent le Parc des Princes et le Stade Jean Bouin) !

L'enseignant pourra préciser que les NO_x (comme le NO₂) sont dus à 60% au transport routier, et en particulier aux véhicules diesels. Le CO est issu de la combustion du pétrole, et les particules fines proviennent aussi bien des résidus de combustion (suies) que de l'usure des pneus !



Classe de CM2 d'Anne-Marie Lebrun (Bourg la Reine)

Les élèves reconstituent l'augmentation du CO₂ et l'augmentation de la température moyenne en fonction des années (observée, puis simulée). Les élèves connaissent bien ce gaz, car il est souvent associé au changement climatique, et certains ont appris que la respiration (humaine) en émet également.

Le quatrième groupe présente quant à lui deux courbes bien différentes, car l'échelle de temps concernée est séculaire et non journalière. Les deux graphiques, assez similaires, permettent de faire une corrélation entre la concentration de l'atmosphère en CO₂ et la température moyenne globale. La source de ce CO₂ peut être explorée en prolongement³.

³ Si on souhaite travailler davantage sur le CO₂ et l'effet de serre, on peut faire quelques séances du projet « Le climat, ma planète... et moi ! » éditions Le Pommier, 2008... également disponible sur le site de la Fondation *La main à la pâte* : www.fondation-lamap.org/climat

Cette corrélation n'est pas, en soi, une preuve que le CO_2 est un gaz à effet de serre. Néanmoins, à notre niveau, on se contentera de ces données (on peut éventuellement annoncer qu'il existe beaucoup d'autres données qui vont dans le même sens). L'enseignant peut également préciser qu'aujourd'hui, l'utilisation massive de la voiture est responsable de 12 à 17% des émissions de CO_2 .

Conclusion

La classe élabore une conclusion collective, par exemple : *Depuis la révolution industrielle, les activités humaines, en particulier les transports (mais pas uniquement) émettent de grandes quantités de polluants et de gaz à effet de serre. Les polluants sont nocifs pour notre environnement et notre santé. Les gaz à effet de serre s'accumulent dans l'atmosphère et réchauffent le climat global.*

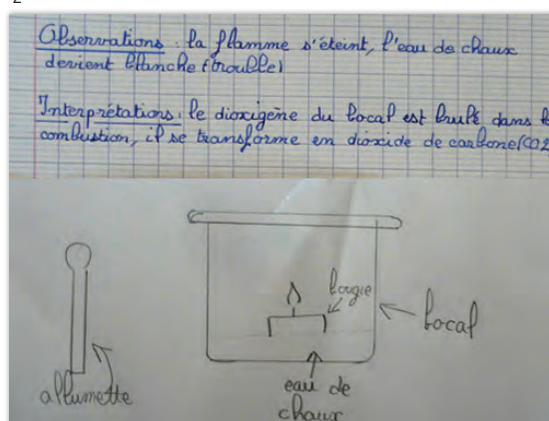
Note scientifique

Les principaux postes d'émissions de gaz à effet de serre sont les transports (30%), l'industrie (22%), l'agriculture (20%) et l'habitation (18%). Parmi les transports, les transports individuels (la voiture) dominent (54% des émissions), devant le transport des marchandises (40%). Les autres moyens de transports sont moins utilisés (avion 3%) ou moins émetteurs (deux-roues 1,2%, ferroviaire 0,4%, fluvial/maritime 1,6%) car ils reposent sur des sources d'énergie (l'électricité française est dominée par le nucléaire et l'hydraulique) peu émettrices de CO_2 .

Prolongement : d'où provient le dioxyde de carbone ?

Ce prolongement met en évidence que le phénomène de combustion, à l'œuvre dans les moteurs thermiques, émet du CO_2 . L'enseignant demande : *sachant qu'il est inodore et invisible, comment mettre en évidence le CO_2 ?* Certains élèves peuvent penser à l'eau de chaux, mais ce n'est en général pas le cas. C'est donc à l'enseignant d'expliquer que l'eau de chaux change d'aspect au contact du CO_2 (avec expérience à l'appui d'un élève qui soufflerait à la paille dans un peu d'eau de chaux).

Maintenant qu'ils disposent d'un moyen de détection, les élèves doivent trouver la source du CO_2 automobile. Par le débat, l'enseignant les aiguille sur le fonctionnement du moteur à explosion, qui brûle du carburant. La classe réfléchit collectivement à une expérience qui permettrait de montrer qu'une combustion produit bien du CO_2 . Par exemple, on peut faire brûler une bougie dans un bocal fermé, au fond duquel on aura versé de l'eau de chaux. À la fin de la combustion, l'eau de chaux se trouble, trahissant la présence de CO_2 .



Classe de CM2 de Kévin Faix (Le Kremlin-Bicêtre)

Note scientifique

Pendant la combustion, les élèves remarquent un dégagement de fumée. Il ne s'agit pas du CO_2 (qui est un gaz, et invisible, de surcroît), mais de fines particules de carbone.

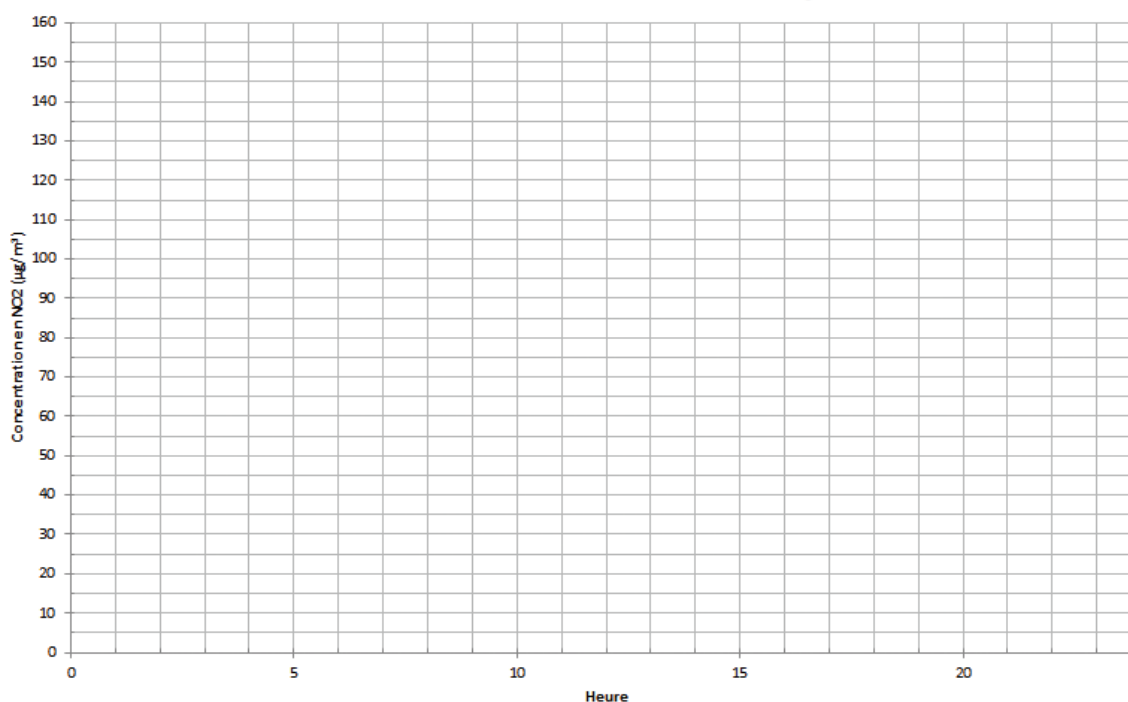
Concentration de l'atmosphère en NO₂ au cours de la journée

Consigne : Ces tableaux montrent la concentration de l'air, heure par heure, en NO₂ (dioxyde d'azote). Les mesures ont été faites à la Porte d'Auteuil, en février 2017. A l'aide des tableaux et du graphique ci-dessous de la fiche suivante, trace l'évolution de la concentration de l'air en NO₂ au cours d'une journée.

Source : Airparif

samedi 11 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	NO ₂	85	73	67	72	89	95	84	98	104	114	125	114
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	NO ₂	103	103	124	107	104	122	107	86	107	90	80	77
dimanche 12 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	NO ₂	84	78	73	68	69	76	80	78	91	94	103	111
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	NO ₂	100	100	111	103	103	99	104	103	88	84	75	65
lundi 13 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	NO ₂	60	54	47	44	60	83	86	87	86	76	78	80
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	NO ₂	96	99	98	102	104	101	103	83	71	38	31	30
mercredi 15 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	NO ₂	57	58	51	64	75	75	78	74	83	88	81	83
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	NO ₂	82	95	94	116	125	146	142	145	117	107	109	128

Evolution de la concentration en NO₂ dans la journée

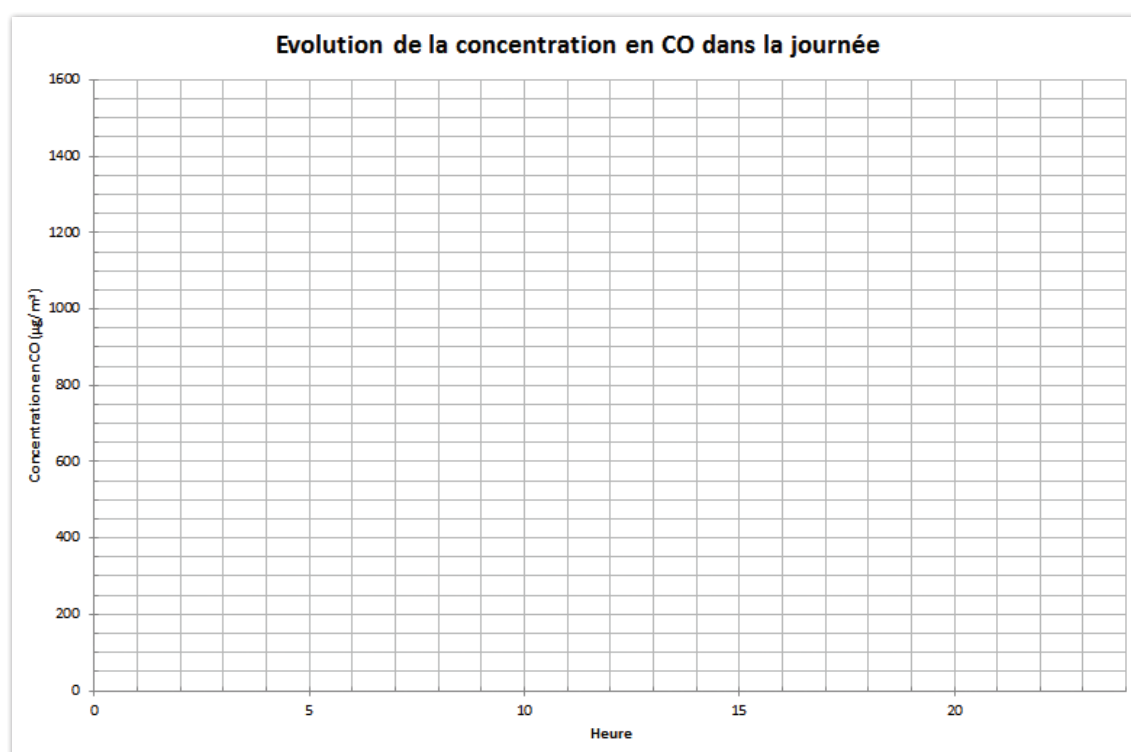


Concentration de l'atmosphère en CO au cours de la journée

Consigne : Ces tableaux montrent la concentration de l'air, heure par heure, en CO (monoxyde de carbone). Les mesures ont été faites à la Porte d'Auteuil, en février 2017. A l'aide des tableaux et du graphique ci-dessous de la fiche suivante, trace l'évolution de la concentration de l'air en CO au cours d'une journée.

Source : Airparif

samedi 11 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	CO	400	400	300	300	300	400	400	500	500	600	600	600
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	CO	500	600	700	700	600	800	700	700	700	700	700	700
dimanche 12 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	CO	700	700	600	500	600	500	600	500	600	600	600	700
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	CO	700	700	800	700	800	800	700	500	500	500	500	500
lundi 13 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	CO	400	300	300	300	300	400	500	800	800	400	400	500
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	CO	400	500	400	500	600	700	700	600	400	200	200	200
mercredi 15 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	CO	400	400	400	400	400	400	500	600	800	600	500	400
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	CO	400	500	500	600	900	1500	1400	1100	700	700	700	900

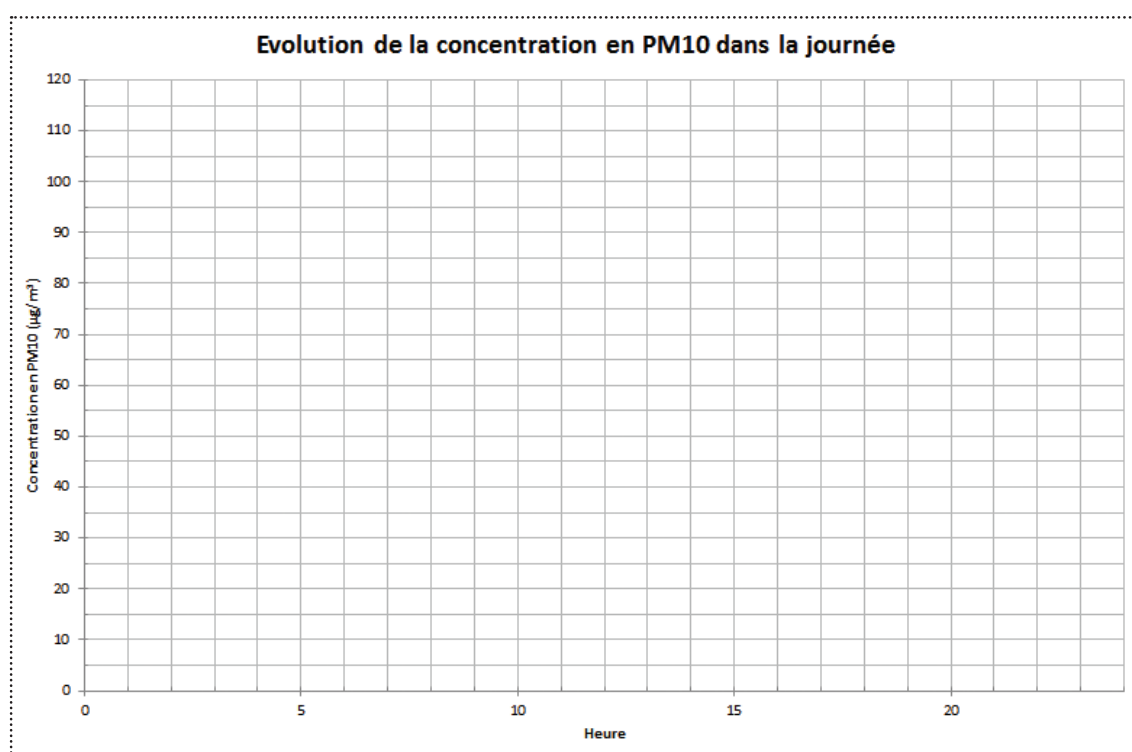


Concentration de l'atmosphère en particules au cours de la journée

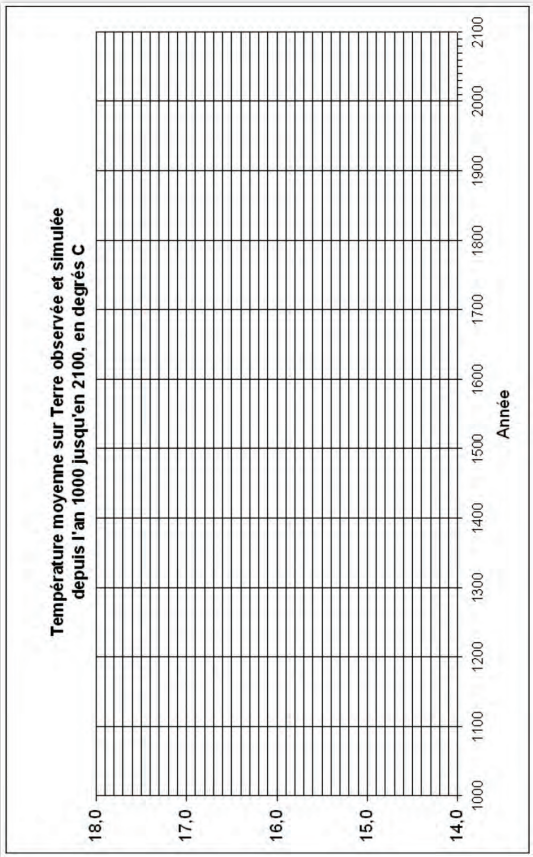
Consigne : Ces tableaux montrent la concentration de l'air, heure par heure, en PM10 (particules fines de taille inférieure à 10µm). Les mesures ont été faites à la Porte d'Auteuil, en février 2017. A l'aide des tableaux et du graphique ci-dessous de la fiche suivante, trace l'évolution de la concentration de l'air en PM10 au cours d'une journée.

Source : Airparif

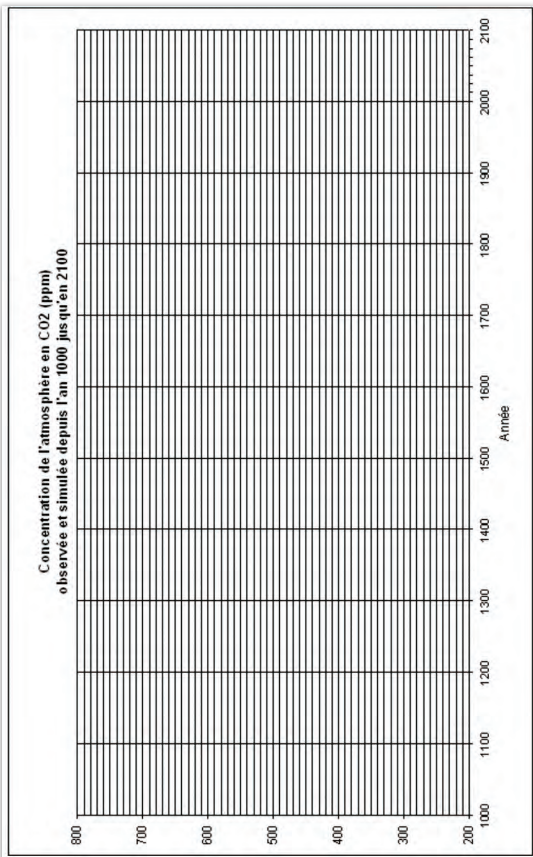
samedi 11 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	PM10	78	79	76	70	81	84	67	69	77	83	77	71
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	PM10	78	78	76	86	88	105	101	101	107	85	84	84
dimanche 12 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	PM10	82	75	73	64	66	73	72	71	83	85	74	58
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	PM10	59	57	54	53	49	46	44	33	28	29	26	26
lundi 13 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	PM10	29	28	33	34	44	58	60	64	79	83	82	73
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	PM10	86	74	70	67	66	65	63	64	56	36	35	36
mercredi 15 février 2017	heure	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	PM10	39	31	32	37	38	37	42	36	51	73	57	33
	heure	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	PM10	38	43	44	47	46	65	60	73	59	53	52	77



Température et Concentration de CO₂



Température moyenne sur Terre de 1000 à 2100	
Année	Température en °C
1000	14,8
1100	14,8
1200	14,7
1300	14,7
1400	14,8
1500	14,7
1600	14,7
1700	14,7
1800	14,7
1850	14,7
1900	14,7
1950	14,8
2000	15,0
2020	15,7
2040	16,3
2060	16,9
2080	17,4
2100	17,8



Concentration en CO ₂ de 1000 à 2100	
Année	CO ₂ (ppm)
1000	277
1100	280
1200	279
1300	284
1400	282
1500	283
1600	280
1700	278
1800	282
1850	287
1900	296
1950	313
2000	358
2020	410
2040	470
2060	570
2080	650
2100	720

Résumé	À l'aide de miniatures, les élèves comparent l'espace pris par la voiture et par le bus pour transporter le même nombre de personnes. Ils s'interrogent alors sur la place prise par la voiture dans la ville, l'étalement urbain et les embouteillages.
Notions (cf. scénario conceptuel, page 11)	• L'étalement urbain entraîne la perte d'espaces naturels ou agricoles, et un rallongement des distances parcourues quotidiennement. • Le temps de trajet augmente dans les villes.
Liens avec les programmes (cf. détails page 7)	Mathématiques Nombres et calculs • Calculer avec des nombres entiers et des nombres décimaux Grandeurs et mesures • Comparer, estimer, mesurer des grandeurs géométriques avec des nombres entiers et des nombres décimaux : longueur (périmètre), aire, volume, angle ; Utiliser le lexique, les unités, les instruments de mesures spécifiques de ces grandeurs. - Comparer, classer et ranger des surfaces selon leurs aires sans avoir recours à la mesure. • Proportionnalité - Identifier une situation de proportionnalité entre deux grandeurs.
Modalités d'investigation	Modélisation
Matériel	Pour chaque élève : • Photocopie de la Fiche 6 (Les déplacements en France) Pour la classe : • 3 photocopies de la Fiche 7 (Vignettes bus et voitures) • Facultatif : des « petites voitures » (jouets) apportées par les élèves (cf. variante)
Lexique	Surface, étalement urbain, temps de trajet
Durée	45 min

Etude documentaire (collectivement)

L'enseignant démarre la séance en distribuant une photocopie de la Fiche 6 (Les déplacements en France). Après un temps de lecture individuelle, il s'assure que le vocabulaire ne pose pas de problème (trafic fluide, trafic saturé notamment). Chaque document est analysé collectivement.

Le premier montre que la voiture est, de loin, le transport dominant en France, et qu'elle est de plus en plus utilisée, au détriment de la marche et du vélo. Il montre également que les transports en commun, pourtant objets de nombreux investissements, n'augmentent pas dans les usages.

Le second document montre une conséquence de la prééminence de la voiture sur les autres moyens de transport : le trafic est souvent saturé (embouteillages), rallongeant les temps de trajet.

L'enseignant explique qu'il y a environ 38 millions de voitures en France, pour environ 28 millions de ménages⁴.

La classe peut alors discuter des autres conséquences de la présence massive de la voiture dans nos villes : bruit, pollutions, dangers, *etc.* La discussion peut alors porter sur un autre aspect : la place (au sens « l'espace ») prise par les voitures dans une ville : routes, parkings, garages, stations-service, *etc.* Cette place est prise au détriment des habitants (chaussées pour les piétons, pistes cyclables, espaces verts...). Aujourd'hui, la voiture consomme environ 90% de l'espace public urbain, alors même qu'elle passe 97% de sa « vie » à l'arrêt⁵ !

Modélisation (collectivement)

L'enseignant demande : *Combien peut-on transporter de personnes dans une voiture ? puis Combien de personnes y a-t-il réellement ?* Il pose ensuite les mêmes questions pour le bus.

Il précise qu'une voiture est occupée en moyenne d'1,2 personne et qu'un bus comporte une centaine de places et qu'il est plein aux heures de pointe.

Note pédagogique

Suivant les classes, il se peut que l'information « 1,2 passager par voiture » pose problème. Dans ce cas, on pourra soit arrondir à 1 passager par voiture, soit le formuler autrement, en disant que 10 voitures permettent de transporter 12 personnes.

L'enseignant demande alors aux élèves combien de véhicules sont nécessaires pour transporter 100 personnes. Avec leur calculatrice, les élèves trouvent rapidement qu'il faut 1 bus ou alors 83 voitures. L'enseignant propose alors de représenter côte à côte l'espace pris par 1 bus et par 83 voitures. Les élèves découpent et collent sur une même affiche les vignettes de la Fiche 7 (il faut la photocopier en 3 exemplaires pour avoir 83 voitures) et les coller sur une grande affiche. Rapidement, les élèves se rendent compte de la place énorme que prend la voiture, comparée aux transports en commun.

L'enseignant anime la discussion sur la place très importante de la voiture dans nos villes, qui occasionne les embouteillages, rallonge les temps de transports, et augmente les nuisances (bruit, pollution, stress). Cette discussion peut mener à trouver des solutions alternatives : transports en commun, marche, vélo...

Note scientifique

Aujourd'hui, 83% des déplacements de voyageurs s'effectuent en voiture, majoritairement (65%) pour des déplacements professionnels... et souvent pour des trajets inférieurs à 3km. Les transports doux (vélo, marche) sont peu pratiqués en France : en moyenne les Français ne parcourent que 75km par an à vélo, contre 900km au Danemark. (À titre de comparaison, les voitures parcourent 100 millions de kilomètres par jour en Ile-de-France !) Les transports en commun, limités par les infrastructures ou saturés en métropole, ne représentant que 16% du total des déplacements.

Variante

La même modélisation peut utiliser des petites voitures, que les élèves auront ramenées au préalable.

4 Sources : Comité des constructeurs français d'automobiles / INSEE

5 Source : ADEME

Conclusion

La classe élabore une conclusion collective, par exemple : *Le nombre très important d'automobiles, leur faible taux d'occupation et la surface qu'elles occupent créent une saturation du réseau, des embouteillages et une augmentation des temps de trajet.*



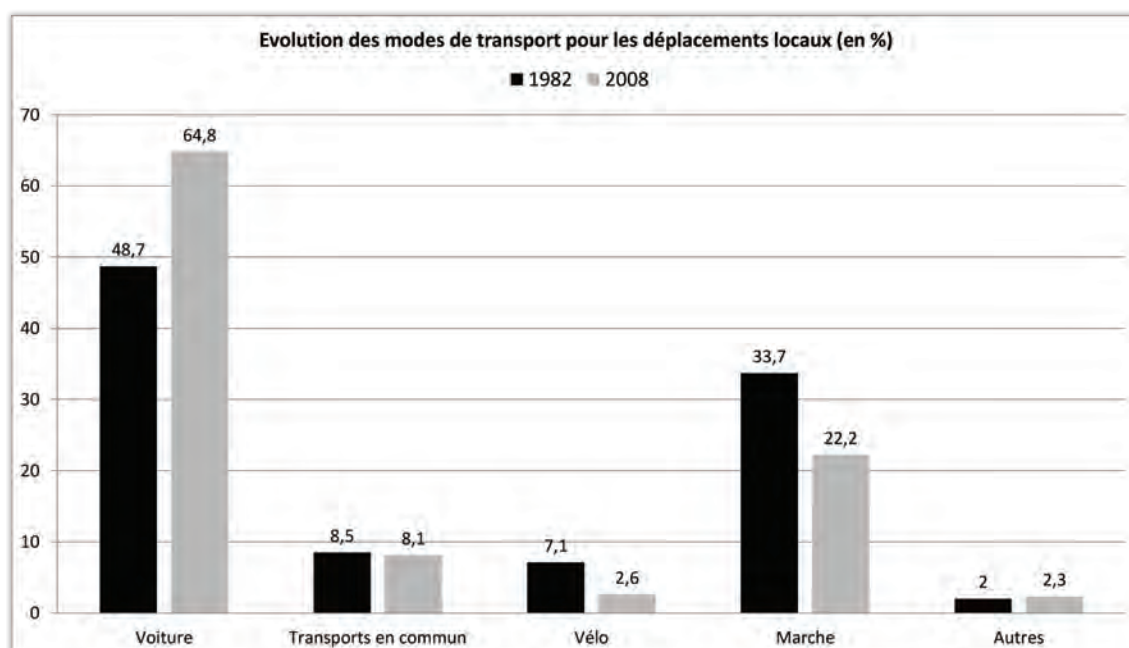
la place prise par la voiture sur la chaussée est considérablement plus importante qu'avec un bus !

Prolongement : enquête intergénérationnelle

Il est possible à ce stade, en travail préliminaire à la séance suivante, d'élaborer en classe entière un sondage que les élèves diffuseront dans leur famille et leur voisinage. Les questions tournent autour de l'utilisation des transports dans la vie quotidienne :

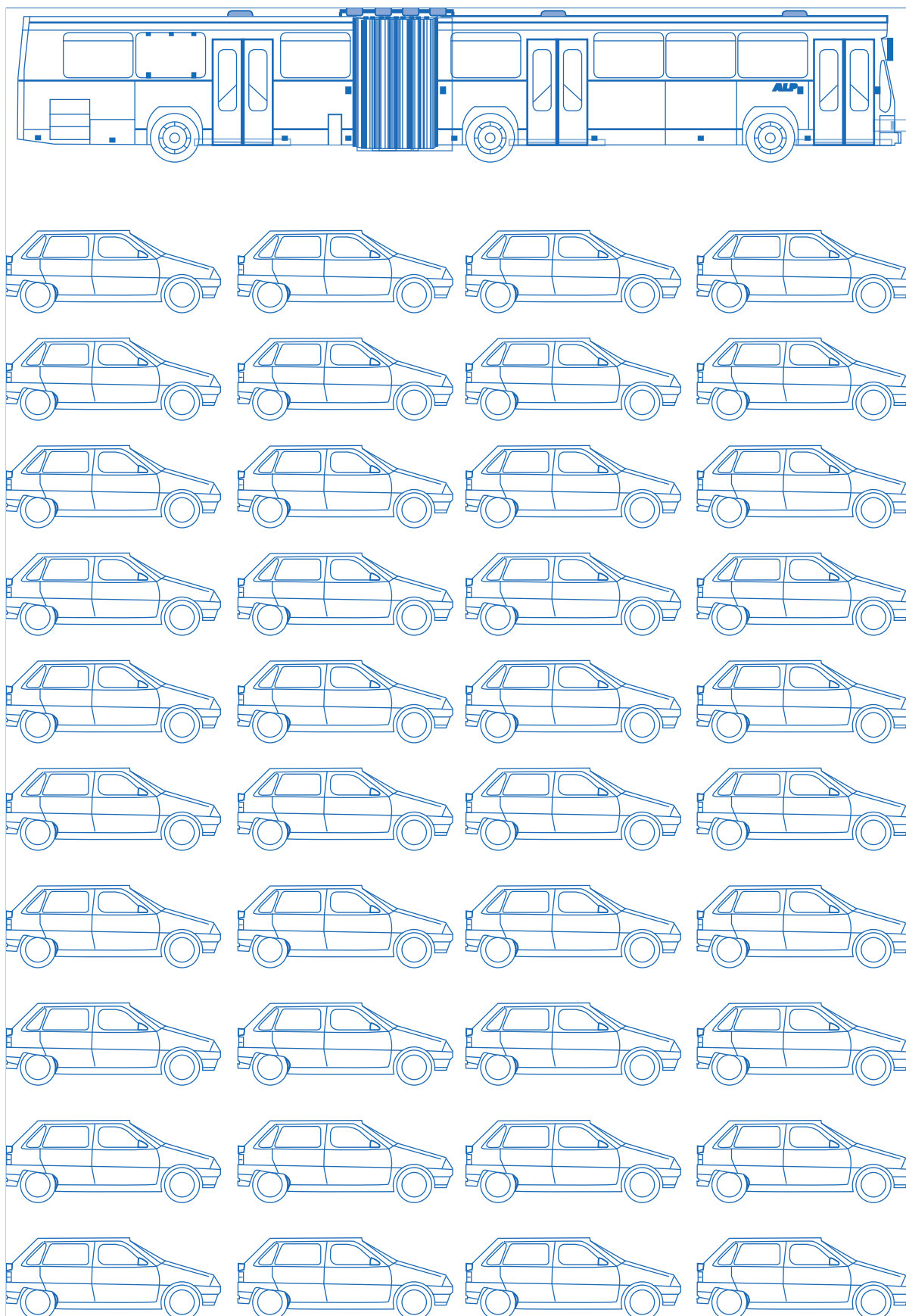
- Comment alliez-vous à l'école quand vous étiez enfant ?
- Quelle était la durée du trajet ?
- Quelle était la distance de l'école à votre maison ?
- Pour aller au travail, comment vous déplaçiez-vous ?

En récoltant les réponses de plusieurs générations (en particulier en impliquant les grands-parents), il est possible d'illustrer l'évolution rapide des transports au cours du dernier siècle : les enfants habitent de plus en plus près de leur école, et pourtant utilisent de plus en plus la voiture pour s'y rendre.



Temps de trajet pour parcourir 3 km

	TRAFIC FLUIDE	TRAFIC SATURE
	36 mn	36 mn
	12 mn	12 mn
	7 mn	18 mn
	7 mn	27 mn



Résumé	À l'aide de différentes photographies aériennes ou cartes de la région parisienne réalisées à des époques différentes, les élèves mesurent les surfaces forestières et agricoles qui ont été peu à peu urbanisées. Ils expérimentent pour comprendre l'impact de cette artificialisation des sols sur le cycle de l'eau.
Notions (cf. scénario conceptuel, page 11)	• L'étalement urbain entraîne la perte d'espaces agricoles, et un rallongement des distances parcourues quotidiennement • L'imperméabilisation croissante des sols perturbe le cycle de l'eau.
Liens avec les programmes (cf. détails page 7)	Histoire • L'âge industriel en France - La ville industrielle - Le monde rural Sciences et technologie Matériaux et objets techniques • Identifier les principales familles de matériaux - Impact environnemental Situer la Terre dans le système solaire et caractériser les conditions de la vie terrestre • Identifier les composantes biologiques et géologiques d'un paysage. - Paysages, géologie locale, interactions avec l'environnement et le peuplement. Mathématiques Grandeurs et mesures • Comparer, estimer, mesurer des grandeurs géométriques avec des nombres entiers et des nombres décimaux : longueur (périmètre), aire, volume, angle ; Utiliser le lexique, les unités, les instruments de mesures spécifiques de ces grandeurs. - Comparer, classer et ranger des surfaces selon leurs aires sans avoir recours à la mesure. - Déterminer la mesure de l'aire d'une surface à partir d'un pavage simple ou en utilisant une formule. Espace et géométrie • (Se) repérer et (se) déplacer dans l'espace en utilisant ou en élaborant des représentations • Se repérer, décrire ou exécuter des déplacements, sur un plan ou sur une carte.
Modalités d'investigation	• Etude documentaire • Expérimentation
Matériel	• Pour chaque groupe - Photocopie des Fiches 8 et 9 (Etalement urbain), si possible au format A3 et en couleur⁶ - Papier calque, uni ou quadrillé • Pour la classe - (facultatif) salle informatique - Bassines - Sols : graviers, sable, terre et bitume (soit un morceau soit dans la cour) - Passoires - Pâte à modeler
Lexique	Habitats, étalement urbain, fragmentation, ruissellement, Infiltration
Durée :	45 min

Avant-propos

Cette séance peut être organisée de deux façons différentes, selon que la classe a ou non accès à une salle informatique. La séance « branchée » utilise des sites web permettant la comparaison de cartes à différentes époques, sur la région ou la ville du choix de l'enseignant :

- À partir de remonterletemps.ign.fr, cliquer sur COMPAREZ pour afficher deux cartes différentes de la France, et naviguer jusqu'à la ville étudiée. Les listes déroulantes permettent de sélectionner les époques à analyser. Ensuite, jouer avec les calques à l'écran ou imprimer les cartes pour réaliser l'activité sur papier.
- Sur le site www.societedugrandparis.fr/carte#

L'activité « débranchée », sans ordinateur, utilise les Fiches 8 et 9, comme nous le décrivons plus bas.

Etude documentaire (par groupe)

L'enseignant distribue les 4 cartes des Fiches 8 et 9 (Etalement urbain). Elles représentent Paris et la petite ceinture entre 1740 et 2016. Il demande : *Quelles sont les évolutions entre ces quatre photographies ?* C'est l'occasion de revenir sur le vocabulaire spécifique des milieux naturels et des écosystèmes, en particulier ici :

- Zone urbanisée : milieu construit (bâtiments, routes, parkings...) avec quelques espaces verts (parcs, jardins, alignements d'arbres...)
- Boisement : formation végétale caractérisée par l'importance de la strate arborée, mais qui comporte aussi des arbustes, des plantes basses, des grimpantes et des épiphytes.
- Zone agricole : milieu composé de champs cultivés, de prairies pâturées...

Note pédagogique

Vue l'échelle des cartes, nous passons sous silence les milieux « Prairie », « Zone humide » voire « Parc urbain » qui n'apportent pas de plus-value à l'exercice.

Les élèves constatent que la ville s'étale de siècle en siècle. L'enseignant demande alors : *Comment pourrait-on mesurer l'étalement urbain ?*

Les élèves proposent différentes méthodes : dessiner les contours de la ville et des forêts à ces différentes dates sur des calques, et les superposer ensuite ; ou alors, colorier les surfaces agricoles, forestières et urbanisées et comparer leurs proportions.

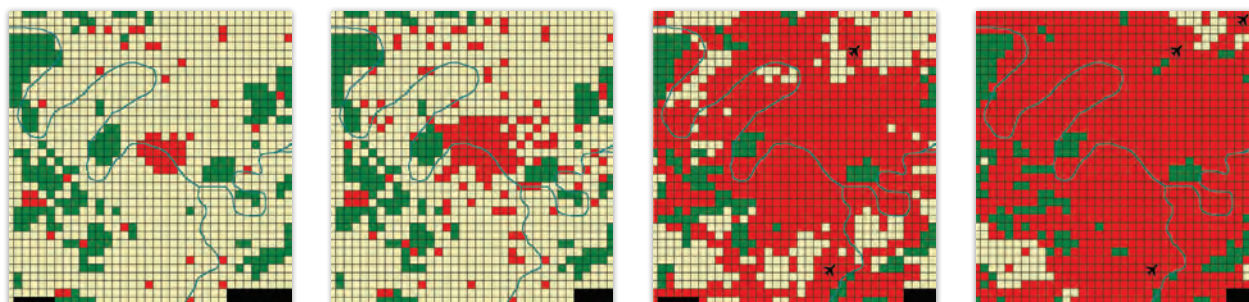
Dans le premier cas, distribuer le calque uni ; dans le second, utiliser du calque quadrillé. Chaque élève étudie une seule des 4 cartes. Pour déterminer si un carreau est urbanisé ou non, plusieurs méthodes sont possibles :

- Vérifier grâce au site Géoportail, en zoomant sur la zone (nécessite une salle informatique)
- Définir un carreau comme urbain dès qu'il est rempli à au moins 50 % de « gris »
- On peut pratiquer la compensation : si 2 carreaux proches l'un de l'autre sont partiellement remplis, on peut n'en colorier qu'un seul si (au jugé) la somme des deux fait à peu près un carreau entier.

Mise en commun

Quelle que soit la méthode employée, la mise en commun fait très facilement ressortir le fait que la ville de Paris et son agglomération se sont considérablement étendues ces 300 dernières années.

On peut quantifier cet étalement (si le calque quadrillé a été choisi) connaissant l'échelle des images et la taille des carreaux choisis. Voici un exemple de corrigé, avec des carreaux de 1km² :



De gauche à droite : 1740, 1866, 1950, 2016. Le tracé de la Seine sert de repère.
En vert les forêts, en rouge les espaces urbanisés (aéroports inclus !) et en jaune surfaces agricoles (et prairies).

Tableau récapitulatif :

	En 1740	En 1866	En 1950	En 2016
Nombre de carreaux agricoles	840	779	250	67
Nombre de carreaux urbanisés	50	133	714	899
Nombre de carreaux de forêt	184	174	115	119
Pourcentage urbanisé	5%	12%	66%	83%
Superficie urbanisée	50 km ²	133 km ²	714 km ²	899 km ²
Résultats en 3 siècles	Surface urbanisée multipliée par 18 !			

L'enseignant complète cette activité en précisant qu'en France, 6000 km sont artificialisés par an, soit l'équivalent d'un département français tous les dix ans⁷.

Il ouvre la discussion sur la nécessité de préserver les espaces naturels autour des villes, ne serait-ce que pour en assurer l'approvisionnement (nourriture, eau, énergie...).

Finalement, l'enseignant pose la question *Pourquoi la ville gagne-t-elle du terrain ?*

Il n'y a pas de réponse simple à cette question car la ville gagne du terrain pour un ensemble de raisons : l'augmentation démographique, le prix des loyers en centre-ville, le développement des transports (routiers et ferrés qui permettent aux habitants de s'éloigner des villes), la volonté d'avoir un jardin...

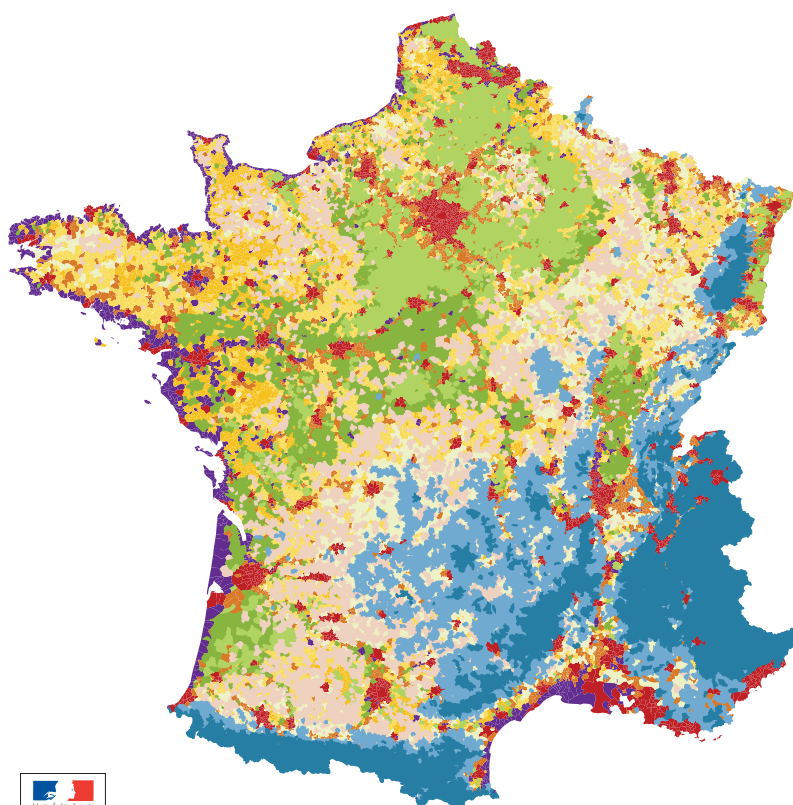
Mais cet étalement urbain n'est pas sans conséquence pour la qualité de vie et l'environnement : manque d'approvisionnement des nappes phréatiques, érosion des sols, risques d'inondation, saturation des réseaux de traitement de l'eau, fragmentation des écosystèmes... sans oublier que le béton capte la chaleur et ne permet plus de rafraîchir l'air ambiant en milieu urbain.

Note scientifique :

- Les villes françaises se sont beaucoup transformées au cours du XX^e siècle pour s'adapter à la voiture : chaussées de plus en plus larges, parkings, places de stationnement individuelles, stations-service... la voiture consomme environ 90% de l'espace public urbain, alors même qu'elle passe 97% de sa « vie » à l'arrêt⁸ ! Une voiture en stationnement occupe 10 m², soit 10 fois plus qu'un vélo.
- La carte ci-après permet d'étendre la discussion à l'ensemble du territoire : elle montre une prévision de l'état d'artificialisation des sols en 2040. (© DATAR). Cette carte est téléchargeable ici : <http://tinyurl.com/urbanisation2040>

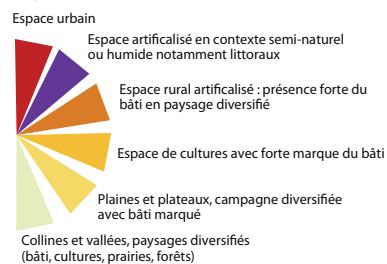
⁷ Source : Institut français de l'environnement

⁸ Source : ADEME



ARTIFICIALISATION DES ESPACES

Paysage plus ou moins artificialisé



Paysage naturel ou semi-naturel



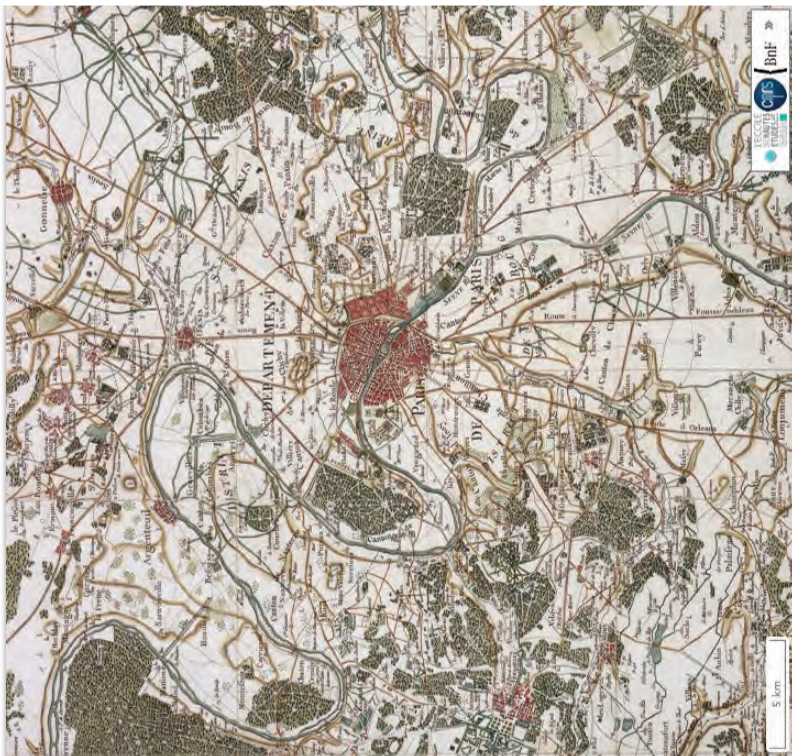
Conclusion

La classe élabore une conclusion collective, par exemple : *L'étalement urbain entraîne la perte d'espaces agricoles, et augmente les distances parcourues quotidiennement (trajet domicile-travail) ainsi que la consommation d'énergie.*

Consigne : Comparer les quatre cartes de la région parisienne entre le XVIII^e et le XIX^e siècle. Comment ont évolué les superficies agricoles, forestières, et urbaines en 3 siècles ?



Carte d'Etat-Major (1866)



Carte de Cassini (1740)

Source : remonterletemps.ign.fr ©IGN

Consigne : Comparer les quatre cartes de la région parisienne entre le XVIII^e et le XIX^e siècle. Comment ont évolué les superficies agricoles, forestières, et urbaines en 3 siècles ?

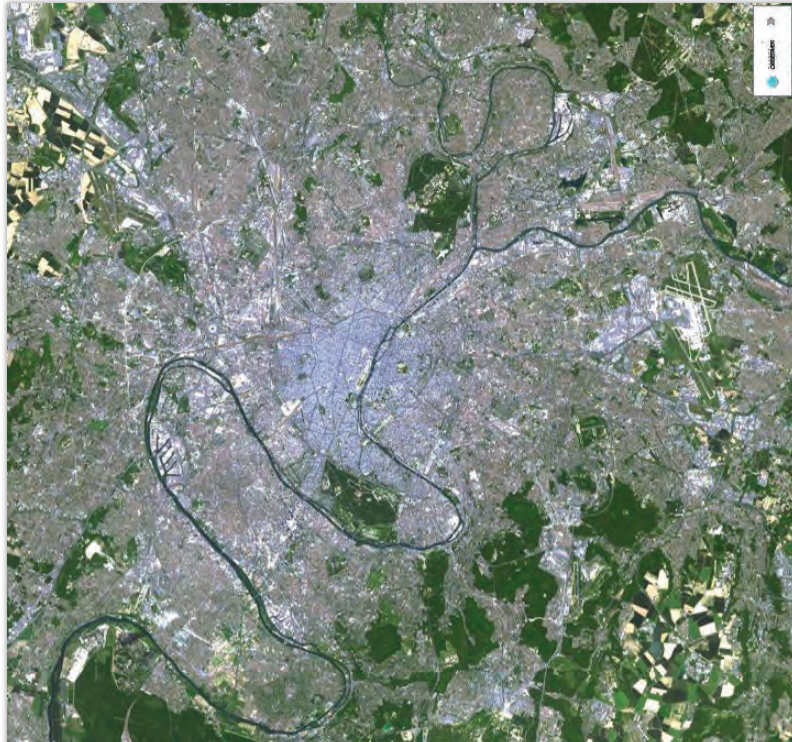
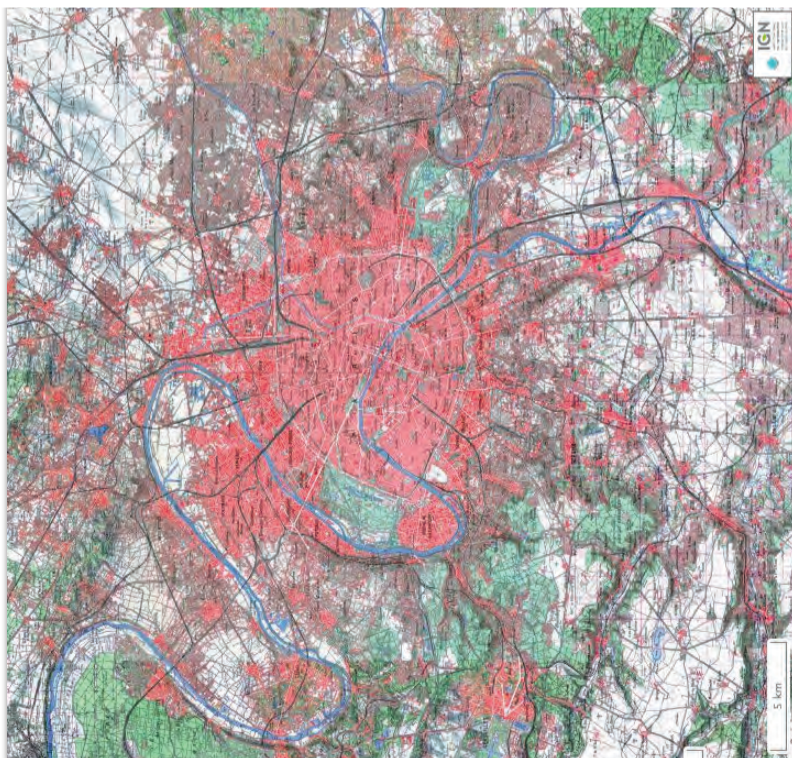


Photo satellite (2016)



Carte IGN (1950)

Source : remonterletemps.ign.fr ©IGN

Prolongement : les conséquences de l'artificialisation des sols

En préparation de la séance suivante sur la fragmentation des habitats par les infrastructures humaines, l'enseignant peut vouloir sensibiliser les élèves aux impacts environnementaux de l'urbanisation rampante qu'ils ont mesurée : *quel peut être l'impact de l'artificialisation croissante des sols sur le cycle de l'eau ?* Les élèves débattent un instant, et l'enseignant leur rappelle la dernière forte pluie qu'ils ont vécue : les bouches d'égout avaient été saturées, incapables d'évacuer efficacement les eaux de pluie. Il demande alors : *la situation aurait-elle été différente à la campagne ? Puis : que devient l'eau des pluies sur différents sols ? Va-t-elle s'infiltrer ou non ?*

Il peut y avoir un désaccord sur le fait que l'eau va s'infiltrer, ou pas, dans le bitume.

L'enseignant demande alors : *comment pourrait-on vérifier que l'eau va s'infiltrer ?* et recueille les propositions des élèves. Ils aboutissent progressivement à un protocole qui pourrait ressembler à celui-ci : des échantillons de sols différents (cailloux, sable, terre, bitume) sont arrosés de la même quantité d'eau, et on chronomètre son temps d'infiltration.



Classe de CM1/CM2 de Sylvie Rebet

Les échantillons meubles sont maintenus dans des passeroies, le bitume est isolé par un cordon de pâte à modeler.

A l'issue de ces expériences, on peut se rendre compte que l'eau s'infiltré plus ou moins rapidement selon les sols. Le bitume empêche l'eau de s'infiltrer contrairement à la terre par exemple.

Type de sol	Sable	Cailloux	Terre	Bitume
Temps d'infiltration	40s	10s	8s	jamais

Les élèves discutent des problèmes que cela peut entraîner si toutes les surfaces sont bitumées. On pourra parler des problèmes d'inondations et de renouvellements des ressources en eau. Ce dernier impact pourrait permettre de faire un rappel sur le cycle de l'eau.

Note scientifique :

Aujourd'hui, plus de 9 % du territoire français est déjà artificialisé, et le phénomène s'accélère depuis 2006, au détriment des terres agricoles et des milieux naturels. La France n'est pas un cas unique : « L'Europe est le continent le plus urbanisé de la planète. Chaque année, 1 000 km² supplémentaires sont affectés aux activités humaines, et une part importante de cette superficie finit par être imperméabilisée. Si cette tendance se poursuit au même rythme, en 100 ans, nous aurons converti une superficie comparable au territoire de la France et de l'Espagne réunies. »⁹

⁹ Communication de la Commission Européenne, le 12 avril 2012

Résumé	Les élèves étudient un autre type d'impact des transports sur les écosystèmes : la fragmentation des habitats. Ils imaginent des solutions pour la limiter ou la compenser, et comparent ces solutions avec celles étudiées par le projet du Grand Paris Express.
Notions (cf. scénario conceptuel, page 11)	• La construction de routes, lignes de chemin de fer, infrastructures... fragmentent les écosystèmes • La taille des habitats diminue et certains êtres vivants sont isolés des autres. Des espèces finissent par disparaître. • Il existe des solutions pour protéger les espèces et leurs habitats (contournements, aménagements...)
Liens avec les programmes (cf. détails page 7)	Histoire • L'âge industriel en France : Energies et machines, le monde rural Géographie • Se loger, travailler, se cultiver, avoir des loisirs en France - Dans des espaces urbains • Consommer en France - Satisfaire les besoins en énergie, en eau • Se déplacer - Se déplacer au quotidien en France • Habiter une métropole - La ville de demain. Sciences et technologie Situer la Terre dans le système solaire et caractériser les conditions de la vie terrestre • Identifier les composantes biologiques et géologiques d'un paysage. - Paysages, géologie locale, interactions avec l'environnement et le peuplement.
Modalités d'investigation	Etude documentaire
Matériel	• Fiche 9 (Impacts sur le vivant) projetée au tableau • Photocopie de la Fiche 10 (Evitement, réduction ou compensation des impacts)¹⁰
Lexique	Biodiversité, Ecosystème, fragmentation des habitats
Durée :	1h20

Question initiale

Pour démarrer cette séquence, l'enseignant demande : *Quels impacts les transports ont-ils sur les espèces vivantes ?* Les élèves répondent individuellement sur leur cahier.

Mises en commun

L'enseignant recueille les propositions des élèves, qui sont discutées collectivement. À ce stade, il peut être nécessaire de faire un rappel sur la notion d'écosystème (ensemble formé par un milieu naturel et les organismes qui y vivent). D'autres termes comme la biodiversité, l'environnement, le milieu naturel... peuvent également être discutés.

.....
10 La carte de cette fiche documentaire est téléchargeable ici : www.tinyurl.com/compensation-ligne18

L'enseignant projette la Fiche 9 au tableau. À partir des photographies, les élèves complètent la liste précédente. L'enseignant s'attachera à utiliser le bon vocabulaire pour chaque impact :

- fragmentation des habitats ;
- consommation d'espace (surface bitumée au détriment d'un sol naturel) ;
- déchets ;
- prélèvement de ressources (extraction du pétrole, carrières à ciel ouvert...) ;
- mortalité par collision ;
- espèces invasives (exemples des perruches à collier ou du robinier faux-acacia...) ;
- pollution de l'air (on peut également évoquer la pollution de l'eau).

Etude documentaire (classe entière)

L'enseignant demande ensuite : *à votre avis, comment pourrait-on limiter les impacts à la création d'une nouvelle voie de transport ?* Il note les réponses des élèves. Il distribue alors la Fiche 10 qui présente quelques exemples d'atténuation des impacts étudiés par la Société du Grand Paris pour l'implantation de la future Ligne 18. Cela permet aux élèves de compléter leur liste.

L'enseignant demande en particulier aux élèves ce qu'ils comprennent du titre de la Fiche. Le terme « limiter » choisi plus haut était volontairement flou. On peut en effet distinguer :

- éviter les impacts (détourner la voie pour protéger une zone sensible) ;
- réduire les impacts (choisir des techniques plus respectueuses de l'environnement) ;
- compenser les impacts (dédier une nouvelle zone aux espèces dérangées) lorsque les deux étapes précédentes ne suffisent pas.

La classe résume alors toutes les idées évoquées dans un tableau à trois colonnes :

Evitement	Réduction	Compensation
• voie ferrée souterraine • viaduc • absence de caténaire • creusement par tunnelier (évite de réaliser des tranchées à ciel ouvert)	• roues ferrées au lieu de pneus et autres mesures anti-bruit • prélèvement/relocalisation des individus • protection des cours d'eau par demi-arches • surveillance des espèces invasives • mesures anti-pollution • mesures anti-lumière • choix du calendrier des travaux en fonction du calendrier de reproduction des espèces locales • crapauduc et autres passages à faune • passerelle • tremplin vert (arbres hauts le long des voies) • émetteurs à ultrasons	• ajout de murets • plantation de haie fruitière • restauration des habitats à la fin des travaux

Note pédagogique :

Ce type de travail peut amener certains élèves à se demander pourquoi l'Homme devrait protéger la nature en général ou certains animaux en particulier (« ... *puisque, de toute façon, on les mange* »). Ces réactions sont une bonne occasion pour discuter d'une façon plus globale sur la place de l'Homme dans la nature, les équilibres, les chaînes alimentaires, la biodiversité...

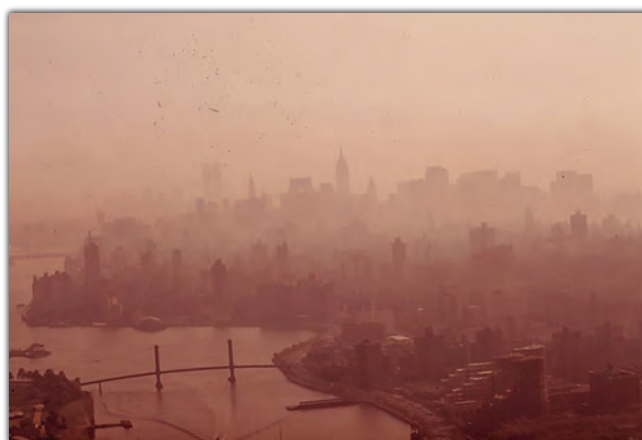
Note scientifique :

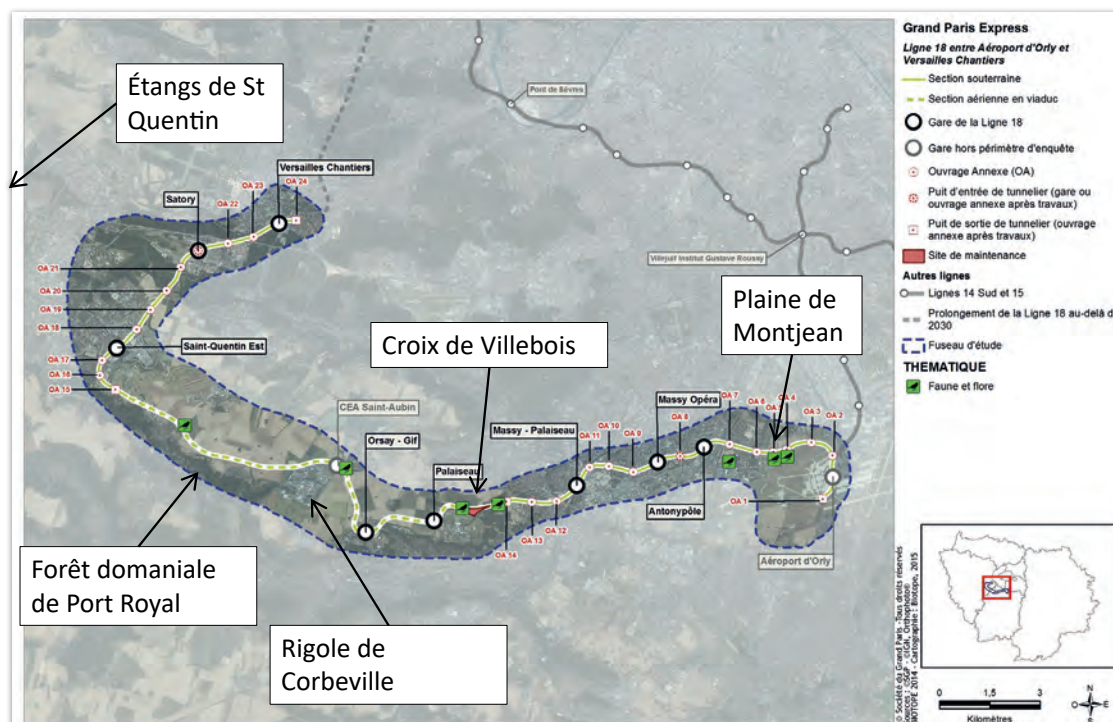
Stricto sensu, la restauration n'est pas une méthode de compensation au sens réglementaire, mais la création et /ou l'amélioration de nouveaux milieux favorables aux espèces dérangées le sont.

Conclusion

La classe élabore une conclusion collective, par exemple : *les transports ont de multiples impacts sur les écosystèmes, ils fragmentent les habitats des êtres vivants mais il existe des solutions que l'on peut mettre en place avant, pendant ou après les travaux.*

Consigne : Explique les impacts que peuvent avoir les transports sur les écosystèmes à l'aide des photos. Imagine un dispositif permettant de limiter les collisions avec des animaux





Plan de la future ligne 18 du Grand Paris Express

Source : Société du Grand Paris (SGP)

Pour limiter les impacts du Grand Paris Express sur l'environnement, lors de la construction ou en phase d'exploitation, la Société du Grand Paris a mis en place de nombreuses initiatives. Voici quelques exemples étudiés à l'heure actuelle sur la future ligne 18 (impacts et mesures à confirmer par les investigations naturalistes réalisées par la SGP en 2016-2017) :

- **Plaine de Montjean** : le Conocéphale gracieux, espèce protégée, habite les parcelles en jachère ou en friche ; les travaux seront programmés hors de leur période de reproduction. De plus, des écologues vont déplacer les colonies pour les rapatrier après restauration de leur milieu.
- **Croix de Villebois** : le Bouvreuil pivoine niche ici, et pour compenser le défrichement de 50% de son habitat, une haie fruitière pourrait être plantée pour les abriter dès la fin des travaux. Par ailleurs, un « tremplin vert », constitué d'arbres de grande hauteur, sera aménagé pour forcer les oiseaux et chauves-souris à voler bien au-dessus des voies ferrées, et éviter les collisions.
- **Rigole de Corbeville** : deux ouvrages en demi-arche pourraient être posés sur le lit de la rivière pour ne pas y déranger les têtards et les amphibiens, comme par exemple le Cordulégastre annelé dont les cycles de développement durent 2 à 3 ans.
- **Forêt domaniale de Port Royal** : le Pic noir est accoutumé au bruit permanent de la RD36. Néanmoins les éléments du viaduc seront préfabriqués pour réduire la durée des chantiers, et les roues ferrées des rames seront moins bruyantes que les pneus.
- **Etangs de St-Quentin** : ils sont une escale de migration pour un grand nombre d'espèces d'oiseaux ; pour ne pas fragmenter l'habitat, le tronçon du GPE sera réalisé en souterrain.

Selon quels critères comparer nos moyens de transport ?

Résumé	Les élèves calculent les émissions de CO ₂ de différents moyens de transports accessibles en Ile de France. Ils classent alors ces véhicules selon plusieurs critères de coût, d'efficacité énergétique ou de temps de trajet. Ils se familiarisent avec la notion de multimodalité.
Notions (cf. scénario conceptuel, page 11)	- Tous les moyens de transport n'ont pas la même efficacité énergétique : avec la même dépense d'énergie, certains permettent de parcourir une plus grande distance que d'autres. - Les transports en commun sont en général plus efficaces que la voiture. - Autant que possible il faut limiter l'usage de la voiture. - Il existe souvent d'autres moyens de transport, individuels ou collectifs, pour effectuer un trajet : c'est la multimodalité - On peut également mieux utiliser la voiture : - Soit en l'utilisant sur une partie du trajet. - Soit en la partageant avec d'autres usagers (co-voiturage, auto-partage)
Liens avec les programmes (cf. détails page 7)	Sciences et technologie Matière, mouvement, énergie, information - Identifier différentes sources et connaître quelques conversions d'énergie - Prendre conscience que l'être humain a besoin d'énergie pour vivre, se chauffer, se déplacer, s'éclairer... - Reconnaître les situations où l'énergie est stockée, transformée, utilisée. La fabrication et le fonctionnement d'un objet technique nécessitent de l'énergie. Matériaux et objets techniques - Identifier les principales familles de matériaux - Impact environnemental Mathématiques Nombres et calculs - Calculer avec des nombres entiers et des nombres décimaux - Organisation et gestion de données - Prélever des données numériques à partir de supports variés. Produire des tableaux, diagrammes et graphiques organisant des données numériques. - Représentations usuelles : - tableaux (en deux ou plusieurs colonnes, à double entrée), Grandeurs et mesures - Résoudre des problèmes impliquant des grandeurs (géométriques, physiques, économiques) en utilisant des nombres entiers et des nombres décimaux - Résoudre des problèmes dont la résolution mobilise simultanément des unités différentes de mesure et/ou des conversions. - Proportionnalité - Identifier une situation de proportionnalité entre deux grandeurs.
Modalités d'investigation	Résolution de problème
Matériel	- Calculatrice - Photocopie de la Fiche 11 (Comparons différents moyens de transport)
Lexique	Multimodalité, Covoiturage
Durée :	1h

Avant-propos :

Si cette séance est réalisée au collège, il peut être intéressant de la préparer avec l'enseignant de mathématiques afin de faire un rappel sur la proportionnalité et les règles de conversion.

Résolution de problème (Par binômes)

L'enseignant distribue aux élèves la Fiche 11 (Comparons différents moyens de transport) et explique l'objectif de l'exercice : les élèves vont devoir comparer plusieurs moyens de transport, selon plusieurs critères (temps de trajet, coût, émissions de CO_2).

Après avoir vérifié que toutes les informations présentes dans le tableau sont bien comprises, l'enseignant guide les élèves pour les conversions. En effet, les unités choisies ici ne sont pas habituelles (vitesses en m/min au lieu de km/h ou m/s, émissions de CO_2 en g/km alors que le résultat attendu est en kg, etc.). Il sera certainement nécessaire de réaliser l'opération collectivement pour un moyen de transport (par exemple le tramway). Une fois que l'enseignant s'est assuré que la gymnastique a été bien comprise, il peut laisser les élèves travailler en binômes.



Classe de 6ème EIST de Sophie Gouet (Paris)

Mise en commun

Les élèves obtiennent les valeurs suivantes :

	vélo	voiture		bus		tramway	métro GPE
(conditions de trafic)		(fluide)	(saturé)	(fluide)	(saturé)		
coût du trajet (€)	0	4,98	6,70	1,90	1,90	1,90	1,90
émissions de CO_2 (kg)	0	2,02	5,57	1,3	3,59	0,03	0,007
temps de trajet (min)	40	24	90	23	60	33	11

Pour arriver à ces valeurs, les élèves doivent prendre garde à ne pas ajouter le prix de l'essence consommée par le bus au coût total (c'est un coût réel, mais il est inclus dans le prix du ticket, prix qui est maintenu bas par les subventions de la collectivité : nous ne nous intéressons ici qu'au coût direct pour l'utilisateur), et nous nous contentons d'une heure de stationnement pour la voiture (pour prendre en compte un usage quotidien, par exemple domicile-travail, on peut aussi considérer le coût d'un abonnement, autour de 200 € / mois à Paris).

La classe discute alors du classement possible de ces divers moyens de locomotion. Il n'y a pas de meilleure solution : le vélo est certes le moins cher et le moins polluant, mais il n'est pas le plus rapide (ce qui peut dépendre des infrastructures qui lui sont dédiées : pistes cyclables, etc.). Le plus rapide est le métro du Grand Paris Express : c'est également le meilleur compromis au regard de ces trois critères. Mais d'autres critères peuvent prendre le pas : le vélo est une activité physique bonne pour la santé, le réseau de bus est souvent plus développé que les autres moyens de transport, etc.

Dans les esprits, la voiture garde pour elle un sentiment de liberté : mais, si tout le monde a la liberté de prendre la voiture, le trafic sature, et la voiture devient la plus chère, la plus lente, et la plus polluante... et il faut réussir à la garer.

Cette discussion permet d'aborder la question du covoiturage : le partage d'une même voiture pour effectuer un trajet diminue les impacts financiers et environnementaux par rapport à une utilisation individuelle. L'enseignant peut réafficher le poster réalisé à la Séance 3 (Combien de voitures ou de bus pour transporter 100 personnes ?), où le nombre de voitures serait divisé par 4 si elles roulaient toutes à capacité maximale. Cette séance débouche enfin sur une définition de la multimodalité : la possibilité de choisir plusieurs moyens de transports pour un même trajet.

Conclusion

La classe élabore une conclusion collective, par exemple : *Il existe souvent plusieurs moyens de transport, individuels ou collectifs, pour effectuer un trajet : c'est la multimodalité. En Ile de France, la voiture n'est en général pas le moyen de transport le plus intéressant. On peut utiliser d'autres moyens de transport, ou également mieux utiliser sa voiture : soit en l'utilisant sur une partie du trajet uniquement, soit en la partageant avec d'autres usagers (co-voiturage, auto-partage). Les transports doux (vélo) consomment très peu d'énergie et sont adaptés à des courts trajets. Les transports en commun sont plus efficaces que la voiture.*

Note pédagogique

Au cours de cette séance, on étudie un trajet court pour comparer différents moyens de transport. Ce trajet est donné à titre indicatif et peut être changé par l'enseignant (utiliser le comparateur <http://quizz.ademe.fr/eco-deplacements/comparateur>). Il peut être particulièrement intéressant d'étudier un « vrai » trajet « long » de la classe, par exemple celui d'un voyage scolaire, d'une classe découverte...

Comparons différents moyens de transport

Exercice : Compare le coût, les émissions de CO₂ et le temps d'un trajet de 10km réalisé par une personne avec ces différents moyens de transport.

	vélo*	Voiture*		Bus*		tramway*	métro GPE*
(conditions de trafic)		(fluide)	(saturé)	(fluide)	(saturé)		
coût du trajet (€)							
émissions de CO ₂ (kg)							
temps de trajet (min)							

* hypothèse : une personne par transport individuel (vélo, voiture) et transports en commun remplis

Pour t'aider, voici quelques indices :

- Le prix d'un ticket de transport « t+ » est de 1,90€.
- Le prix d'une place de parking coûte 4€ pour 1h de stationnement.
- L'essence coûte 1,40 €/l.
- La voiture consomme 7 litres d'essence pour 100km parcourus (attention, la consommation passe à 19 l/100km en trafic saturé).
- Voici les vitesses de chaque véhicule :
 - Vélo : 250 m/min
 - Voiture : 430 m/min (descend à 110 m/min en trafic saturé)
 - Bus : 430 m/min (grâce aux couloirs réservés, descend à 170 m/min en trafic saturé)
 - Tramway : 300 m/min
 - Grand Paris Express : 920 m/min
- Voilà les émissions kilométriques de CO₂ de chaque véhicule :
 - Vélo : 0 g/km
 - Voiture : 202 g/km (cette valeur est 2,8 fois supérieure en trafic saturé)
 - Bus : 4,3 g/km (cette valeur est 2,8 fois supérieure en trafic saturé)
 - Tramway : 3 g/km
 - Grand Paris Express : 0,7 g/km (Cette estimation est une fourchette haute, car le Grand Paris Express utilise des mécanismes de récupération d'énergie¹¹)

11 Source : Société du Grand Paris : 200 millions de tonnes de CO₂ par an, pour 200 km de réseau et 2 millions de voyageurs par jour

Résumé	Afin de planifier un trajet entre leur école et la piscine municipale, les élèves découvrent plusieurs outils (sites web et applications) permettant de se déplacer efficacement en ville. L'étude de cas permet de voir les améliorations apportées par le Grand Paris Express. Les élèves se familiarisent ainsi avec la notion d'intermodalité.
Notions (cf. scénario conceptuel, page 11)	• Il est possible de combiner plusieurs moyens de transport pour effectuer un trajet : c'est l'intermodalité. • Il existe des applications qui permettent de planifier son trajet en combinant différents moyens de transport. • Des outils permettent aussi de choisir ses moyens de transport selon plusieurs critères (temps, coût, impact environnemental)
Liens avec les programmes (cf. détails page 7)	Géographie • Se loger, travailler, se cultiver, avoir des loisirs en France - Dans des espaces urbains • Se déplacer - Se déplacer au quotidien en France • Habiter une métropole - La ville de demain. Mathématiques Nombres et calculs • Organisation et gestion de données - Prélever des données numériques à partir de supports variés. Produire des tableaux, diagrammes et graphiques organisant des données numériques. - Représentations usuelles : - tableaux (en deux ou plusieurs colonnes, à double entrée), Grandeurs et mesures • Résoudre des problèmes impliquant des grandeurs (géométriques, physiques, économiques) en utilisant des nombres entiers et des nombres décimaux - Résoudre des problèmes dont la résolution mobilise simultanément des unités différentes de mesure et/ou des conversions. Espace et géométrie • (Se) repérer et (se) déplacer dans l'espace en utilisant ou en élaborant des représentations • Se repérer, décrire ou exécuter des déplacements, sur un plan ou sur une carte.
Modalités d'investigation	Etude documentaire
Matériel	• Carte de la ville • Ordinateur avec connexion Internet (sinon proposer une impression écran) • ou Photocopie de la Fiche 12 (L'Intermodalité pour un trajet dans les rues de Massy)
Lexique	Planification, intermodalité
Durée :	1h30

Avant-Propos

- Cette séance, à l'image de la précédente, permet d'étudier la manière de faire un trajet moyen (entre 3 et 5 km). Ce trajet doit permettre d'utiliser la marche, le vélo, les transports en commun ou la voiture. En fonction des situations, ce peut être d'aller au cinéma, au centre aquatique, au marché...
- On ne proposera pas ici un trajet trop court (comme domicile-école), car un tel trajet ne permet pas, en général, d'inclure des transports en commun.
- Nous proposons de relier les deux points sur la Fiche 12 (L'Intermodalité pour un trajet dans les rues de Massy) dans la ville de Massy (Essonne). Il ne s'agit que d'un exemple ; la classe pourra bien sûr adapter cette séance à son propre contexte à l'aide des sites suivants :
 - Le site quizz.ademe.fr/eco-deplacements/comparateur/ compare les émissions de CO₂ de plusieurs moyens de transport.
 - Le site de l'agglomération concernée et/ou de l'organisme des transports permet de trouver une carte détaillée de la ville et la carte du réseau de transports en commun (tram, bus, métro...). Parfois, il permet de calculer les itinéraires (temps de trajet, meilleures options, émissions de CO₂... y compris pour les trajets à vélo). Exemples : www.ratp.fr ou vgps.paris.fr pour la région parisienne.
 - Le site maps.google.fr calcule l'itinéraire en voiture et à pied (kilomètres, durée, coût). En ville, une bonne estimation du temps pris par un trajet à vélo est de diviser par deux le temps d'un trajet à pied.
 - L'application pour smartphone (iOS et Android) Citymapper, gratuite, permet de comparer différents modes de transports, en incluant même la future ligne 15 du Grand Paris Express.

Question initiale

L'enseignant pose la question : *Comment se rendre de l'école Atlantis à une séance de piscine au Complexe Omnisport (COS) sur l'avenue du Noyer Lambert ?*

Individuellement, les élèves notent le(s) moyen(s) de transport qu'ils pensent utiliser pour ce trajet. Quelques exemples de propositions :

- à pied / en bus / à pied
- à pied / en RER / à pied
- à pied / en RER / en bus / à pied
- en voiture / à pied
- en voiture (autopartage) / en RER / à pied
- à vélo (personnel ou Vélib)
- en trottinette (personnelle ou autopartagée) ou Segway

On s'assure en classe entière que tout le trajet a été pensé, c'est-à-dire que l'on a bien réfléchi à « comment se rendre à la station de RER ? » « Où garer sa voiture si on choisit ce mode de transport ? » « Comment faire le changement entre telle ou telle station ? », etc.

L'enseignant introduit la notion d'intermodalité, c'est-à-dire le fait de combiner plusieurs moyens de transport lors d'un même trajet. Il fait remarquer aux élèves que nous la pratiquons souvent sans y penser. La classe refait alors un bilan des différentes propositions, en intégrant cette fois toute la chaîne de transports, notamment la marche à pied.

Etude documentaire (par groupes)

L'enseignant demande ensuite aux élèves : *Parmi toutes ces propositions, quel est le meilleur trajet ?*

L'objectif est que les élèves dégagent des critères de comparaison comme le coût, la durée, le nombre de kilomètres parcourus, les émissions de CO₂... Il leur demande : *Comment pourrait-on le vérifier ?*

Suivant le temps disponible et l'équipement de l'école, on peut faire travailler les élèves sur le site web de l'ADEME (quizz.ademe.fr/eco-deplacements/comparateur/) ou leur proposer des impressions écrans pour le trajet étudié.

Mises en commun

La classe réfléchit à une manière de présenter ses résultats. S'inspirant du tableau de la séance précédente, la classe peut aboutir à ceci (dans l'exemple ci-dessous, la classe a compté 5 min pour se garer et 5 min d'attente pour chaque transport en commun).

Trajet	Durée totale	Coût
Marche à pied	36 min	0€
Voiture	10+5=15 min	0,33€ essence + 4€ parking = 4,33€
Vélo	12 min	0€
Marche + RER B + marche	2+5+4+15=26 min	1,90€
Marche + Bus 319 + marche	1+5+12+7=25 min	1,90€
Marche + bus 296 + Bus 119 + marche	6+5+6+5+8+11=41 min	1,90€
Marche + GPE + marche	1+5+3+1=10 min	1,90€

Les élèves comparent les différents trajets. La voiture fait partie des meilleurs choix d'après ce classement, ce qui n'est pas surprenant, car les villes actuelles sont souvent conçues pour la voiture (on peut nuancer cette conclusion en rappelant que le temps calculé ici ne prend pas en compte d'éventuels embouteillages, et que le coût financier a été restreint à 1h de parking). Ensuite, l'enseignant insiste sur l'efficacité apportée par le vélo pour les trajets courts (sur la Fiche 13 les icones « vélo » correspondent, à cette échelle, à un ou plusieurs parcs à vélo situés à moins de 50m les uns des autres). Il pourra également préciser qu'il n'y a pas de solution parfaite, et que c'est à chacun de faire ses choix selon le critère qu'il va privilégier et en fonction des besoins pour lesquels il fait ce trajet !

Pour finir, l'enseignant demande aux élèves de compléter leur recherche en utilisant le site www.societedugrandparis.fr/trajet qui inclut dans les simulations de la RATP les futures lignes du Grand Paris. Cela permet d'ajouter une dernière ligne au tableau (surlignée ici), pour inclure l'option GPE qui sera disponible dans les années à venir.

Conclusion

La classe élabore une conclusion, par exemple : *Il est possible de combiner plusieurs moyens de transport pour un même trajet : c'est l'intermodalité. Il existe des outils (cartes, sites internet...) qui permettent de planifier son trajet et choisir l'itinéraire le plus efficace (durée, coût, émissions...). Les transports doux (marche, vélo, etc.) sont adaptés aux trajets courts.*

Prolongement

Les classes qui le souhaitent peuvent ajouter une colonne « coût environnemental », à l'image de la séance précédente. Dans ces conditions, la voiture perd immédiatement de son attrait. Cependant, nous n'avons pas inclus cette démarche ici pour une raison scientifique (nous ne pouvons nier que la ville a été longtemps conçue par et pour la voiture) et pour une raison didactique (les élèves ayant déjà subi une séance de mathématiques assez lourde sur des tableaux à remplir, nous préférons donc ici nous attarder sur le fond pour ne pas nuire à l'entrain des élèves).

L'Intermodalité pour un trajet dans les rues de Massy

Consigne : Comment se rendre de l'école Atlantis (rue Vasco de Gama, 91300 Massy) à la piscine du Centre Omnisport (10 av. du Noyer Lambert, 91300 Massy) ?



NB : sur cette carte apparaissent également les parcs à vélo et le futur emplacement des gares du Grand Paris Express (« 18 »)

Résumé	Les élèves listent les besoins des habitants d'une ville et imaginent une organisation urbaine permettant d'y pourvoir tout en minimisant les impacts sanitaires, sociaux et environnementaux. En prolongement, ils construisent la maquette de leur ville idéale.
Notions (cf. scénario conceptuel, page 11)	- La ville permet de répondre à différents besoins de ses habitants (logements, services, commerces, loisirs, santé...) - L'aménagement d'une ville influence le bien-être des habitants. - La collectivité joue un rôle important dans l'aménagement de la ville et des pôles d'échanges, indispensables pour l'intermodalité. - Les gares deviennent peu à peu un lieu de vie intermodal au cœur de leur quartier.
Liens avec les programmes (cf. détails page 7)	Géographie - Se loger, travailler, se cultiver, avoir des loisirs en France - Dans des espaces urbains - Consommer en France - Satisfaire les besoins en énergie, en eau - Se déplacer - Se déplacer au quotidien en France - Habiter une métropole - La ville de demain. Sciences et technologie Matériaux et objets techniques - Identifier les principales familles de matériaux - Impact environnemental
Modalités d'investigation	- Débat - Arts plastiques
Matériel	- Grandes feuilles de papier - Matériel d'arts visuels : affiches, peinture, carton, pâte à modeler, etc.
Lexique	confort, ville, accessibilité, collectivité, plateformes d'échange, auto-partage, intermodalité
Durée :	1h

Question initiale (individuellement)

L'enseignant demande aux élèves : *De quoi ont besoin les habitants d'une ville ?* (cette question peut en amener une autre : la classe peut rédiger une définition de ce qu'est une ville).

Ceux-ci identifient des besoins variés, que l'on peut ensuite regrouper collectivement en grandes catégories : logements, loisirs (sport, culture...), services (santé, administration, police...), travail (écoles, bureaux...), commerces, transports...

L'enseignant demande alors : *Comment faire pour que chacun ait accès aux différents services que l'on a identifiés ?*

Les élèves répondront par exemple : développer le réseau de transport, diminuer les tarifs d'abonnement, permettre l'accès aux personnes handicapées, répartir les services afin de diminuer les distances à parcourir...

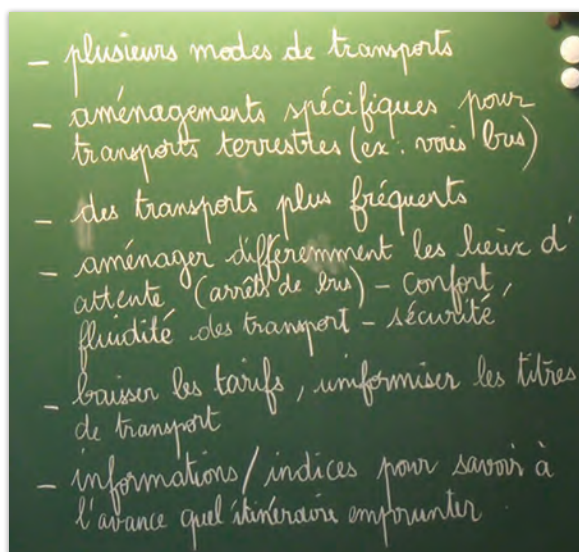
Mise en commun

La mise en commun permet de faire ressortir que les transports permettent, s'ils sont accessibles, un accès égal, pour tous, aux services de la ville.

La classe élabore une trace écrite collective reprenant les besoins des habitants d'une ville et des pistes pour rendre cette ville aussi « idéale » que possible. Dans cette définition de la ville idéale, les transports ont leur place, mais on veillera à ne pas trop restreindre la discussion et à évoquer d'autres aspects (espaces verts, loisirs, sécurité...). Voici des exemples de questions :

- Comment organiser le déplacement des habitants et des marchandises ?
- Quels modes de transport va-t-on privilégier ? dans le centre, autour, à l'extérieur de la ville ?
- Quelle sera la place de la voiture ?
- Y aura-t-il des espaces verts ?
- Faut-il avoir :
 - Une unique zone de commerces et services au centre-ville (et les habitations autour) ?
 - Une zone multi-commerces multi-services par quartier d'habitation (par exemple : les centres commerciaux régionaux) ?
 - Une zone de commerce thématique par quartier (par exemple : la rue Montgallet à Paris, spécialisée dans les équipements informatiques) ?

Rappelant les exemples vus à la séance précédente, l'enseignant interroge en particulier la dimension intermodale de la ville idéale des élèves : *à votre avis, qu'est-ce qui est nécessaire pour que l'intermodalité soit possible dans une ville ?* On pourra attendre un grand nombre de réponses, très variables selon le niveau des élèves, l'endroit où ils habitent, etc. Ci-dessous, un exemple de trace écrite collective :



Classe de CM2 de Marion Fouret (le Kremlin-Bicêtre)

L'enseignant demande ensuite aux élèves : *Quel est le rôle de la gare de Massy-Palaiseau¹² dans son quartier ?* Les élèves pourront citer les différents services rendus par la gare, en plus de celui, évident, d'offrir un accès aux trains (commerces, restaurations, loisirs, services de santé...) Ils pourront remarquer que la gare est au cœur du quartier et qu'elle relie tous les moyens de transport entre eux, et pas seulement les transports ferrés. Petit à petit, elle devient un lieu de vie.

.....

¹² Le site www.gares-en-mouvement.com permet d'accéder, en temps réel, pour chaque gare de France, à de nombreuses informations : comment venir et repartir (nœuds multimodaux), commerces, accessibilité, services, etc. Il peut donc être très utile pour travailler sur « la gare comme lieu de vie ».

Conclusion

La classe complète la trace écrite réalisée plus haut par une dernière ligne sur l'intermodalité, par exemple : *La gare, lieu de sortie et d'entrée de la ville, peut aussi être un lieu d'intermodalité et devenir un lieu de vie.*

Prolongement : réaliser un modèle de la ville idéale des élèves

L'enseignant peut vouloir consacrer quelques séances supplémentaires à la réalisation d'un dessin ou d'une maquette de la « ville idéale » définie par les élèves. Il précise bien qu'il s'agit de représenter non pas la ville dans laquelle ils habitent, mais celle dans laquelle ils aimeraient vivre... et qu'il faut rester réaliste.

Dans le cas d'un dessin (étape préliminaire indispensable à la fabrication d'une maquette, ou fin en soi), les élèves travaillent en groupe sur des schémas différents. Puis les schémas sont affichés au tableau, et la classe fait ressortir les points communs et les spécificités de chacun. Finalement, la classe note les bonnes idées de chaque création et on décide d'une ville idéale commune.

Si cette étape se poursuit par la fabrication d'une maquette, on peut demander à certains groupes de fabriquer, qui les habitations, qui les bâtiments publics, et à d'autres groupes de faire le support, les espaces publics, les routes, etc. Laisser les groupes s'auto-organiser et communiquer entre eux : ils se rendront compte par eux-mêmes qu'il leur faut une même échelle, un même code de couleur, des éléments cohérents d'une partie à l'autre du plan ou de la maquette...



Classe de CM2 de Marion Fouret (le Kremlin-Bicêtre)

Résumé	Les élèves témoignent des problèmes qu'ils rencontrent au quotidien dans les transports, notamment les incivilités, et cherchent des solutions pour y remédier.
Notions (cf. scénario conceptuel, page 11)	L'environnement dans lequel se trouvent les usagers peut être source d'inconfort : incivilités, bruit, chaleur, stress, trafic... Tous les transports en commun ne sont pas accessibles aux personnes à mobilité réduite Le risque d'accident est variable en fonction du moyen de transport.
Liens avec les programmes (cf. détails page 7)	Enseignement moral et civique La sensibilité : soi et les autres Respecter autrui et accepter les différences Le droit et la règle : des principes pour vivre avec les autres Comprendre les notions de droits et devoirs, les accepter et les appliquer Les différents contextes d'obéissance aux règles, le règlement intérieur, les sanctions
Modalités d'investigation	Débat
Lexique	Incivilités / Personnes à Mobilité Réduite / Accessibilité
Durée :	1 heure

Débat

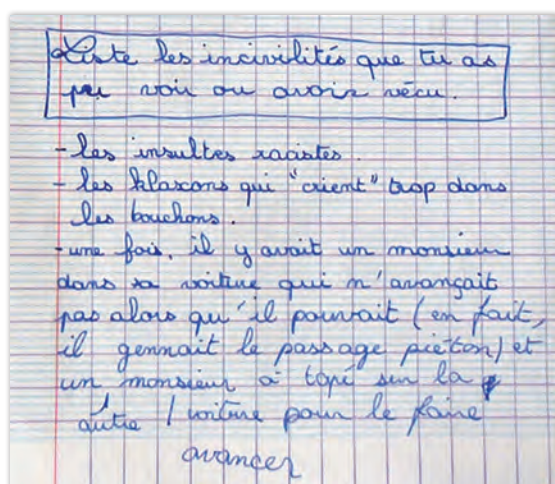
L'enseignant demande aux élèves : *Pourquoi les utilisateurs préfèrent-ils prendre leur voiture plutôt que les transports en commun ?*

Au fur et à mesure de la discussion, l'enseignant peut introduire le terme « incivilités ».

On pourra remarquer que l'incivilité est présente quelque soit le mode de transport que l'on utilise (insécurité routière, agressions, non-respect des règles de vie dans les transports en commun ...)

Les élèves témoignent des problèmes qu'ils rencontrent au quotidien.

S'il le souhaite, l'enseignant peut introduire le problème de l'accessibilité des personnes à mobilité réduite dans les transports (qui, lorsqu'elle n'est pas respectée, est une sorte d'incivilité institutionnelle).



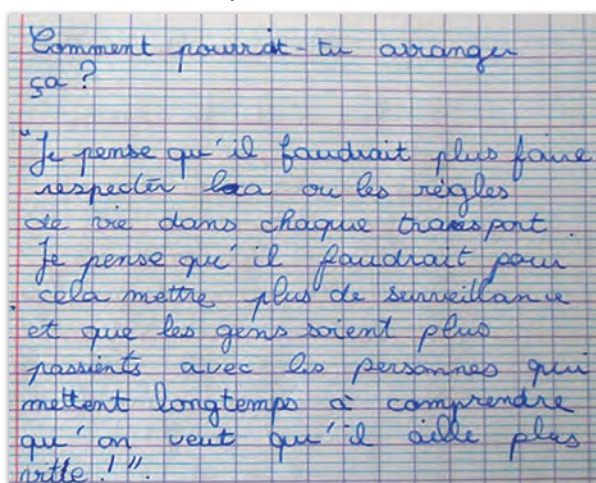
Classe de CM2 de Marion Fouret (le Kremlin-Bicêtre)

En exploitant ce qui a été vu lors des séances précédentes, la classe pourra s'interroger sur les causes de ces incivilités (le temps de trajet, la saturation, les nuisances sonores, la propreté et le confort, le comportement des autres usagers qui agit sur le nôtre...)

Recherche (par groupes)

Par groupe, les élèves imaginent des solutions pour améliorer le quotidien de tous les usagers. Ils les représentent par des dessins, des textes, des schémas...ou simplement en discutant.

Les solutions pourraient être d'augmenter la fréquence des transports en commun pour les désaturer, d'aménager les espaces communs pour les rendre plus conviviaux (services, commerces, esthétique des lieux...), d'encourager les habitants à utiliser les transports doux (ou « modes actifs »), de créer des espaces pour ces derniers... Mais en général, les élèves sont très punitifs et proposent plus de surveillance (amendes, contrôles, caméras...).



Classe de CM2 de Marion Fouret (le Kremlin-Bicêtre)

Mises en commun

Les solutions des élèves sont présentées et expliquées à l'ensemble de la classe. En milieu rural ou en milieu urbain, les réponses seront bien différentes d'une classe à l'autre.

Si l'enseignant le souhaite, il pourra ouvrir sur un autre type d'incivilités : le risque d'accident. Si l'on considère un risque 1 en voiture :

- le risque d'accident est de 1,5 à 2 fois supérieur à pied ou à vélo ;
- le risque est 8 fois supérieur en cyclomoteur ou en motocyclette ;
- le risque est très inférieur à 1 en transport en commun ;
- plus il y a de vélos en circulation, moins il y a d'accidents impliquant des vélos (car les automobilistes tiennent davantage compte de la présence des cyclistes).

Conclusion

La classe élabore une conclusion collective, par exemple : *Les utilisateurs des transports sont soumis à différentes incivilités qui nuisent à leur qualité de vie.*

Prolongement possible

La classe peut prolonger ce travail sur les nuisances des transports en s'intéressant par exemple aux nuisances sonores (le bruit, en ville, provient à 80% des transports terrestres). Pour cela, on peut réaliser des études documentaires sur les effets du bruit sur la santé, et étudier des cartes de pollution sonore. Par exemple, pour la ville de Paris : www.bruitparif.fr

Résumé	Les élèves élaborent une carte heuristique afin de synthétiser ce qu'ils ont appris au cours des séances précédentes, en particulier sur la ville et les transports.
Notions (cf. scénario conceptuel, page 11)	Récapitulatif des notions abordées précédemment
Liens avec les programmes (cf. détails page 7)	Idem
Modalités d'investigation	Production d'écrit
Matériel	Par groupe : • Bloc de Post-it • Feuille de papier A3 Pour la classe entière • Un ordinateur avec vidéoprojecteur et un logiciel de mindmapping (voir avant-propos ci-dessous)
Lexique	Heuristique
Durée :	1h30

Avant-Propos :

La création d'une carte heuristique permet de faire un point sur les concepts que les élèves ont vus, étudiés et retenus tout au long du projet. Nous proposons ici de réaliser une carte heuristique sur un thème imposé : le projet du Grand Paris. Mais il est possible de le faire sur d'autres sujets connexes, comme l'écomobilité, la ville idéale, les transports, etc.

La réalisation même s'effectue en trois étapes : le brainstorming et les premiers jets de cartes sont réalisés avec papier et crayon, grâce à la souplesse des post-its. La finalisation de la carte se fait par ordinateur, soit lors d'une séance de TICE par groupes, soit sur un seul ordinateur (sous forme de dictée à l'adulte). Il existe de nombreux logiciels gratuits de mindmapping, comme par exemple *FreePlane*, *Xmind*, *Mindmeister*, *Bubbl.us*, *Cacoo.com*, *Popplet*, *Coggle*, *Mindmanager*, *BiggerPlate*, *Mindomo*, *SpiderScribe*, *iMindMap*, *MindMup*...

Etape 1 : brainstorming (en groupes)

L'enseignant lance le projet de carte heuristique en classe entière. Il en présente le principe aux élèves s'ils ne le connaissent pas. Il leur explique qu'ils vont devoir synthétiser tout ce qu'ils connaissent sur le Grand Paris dans une carte. Pour cela, il distribue les post-it aux groupes, avec pour consigne : *notez sur chaque post-it une idée, un exemple ou une notion que nous avons vus au cours des dernières séances.*

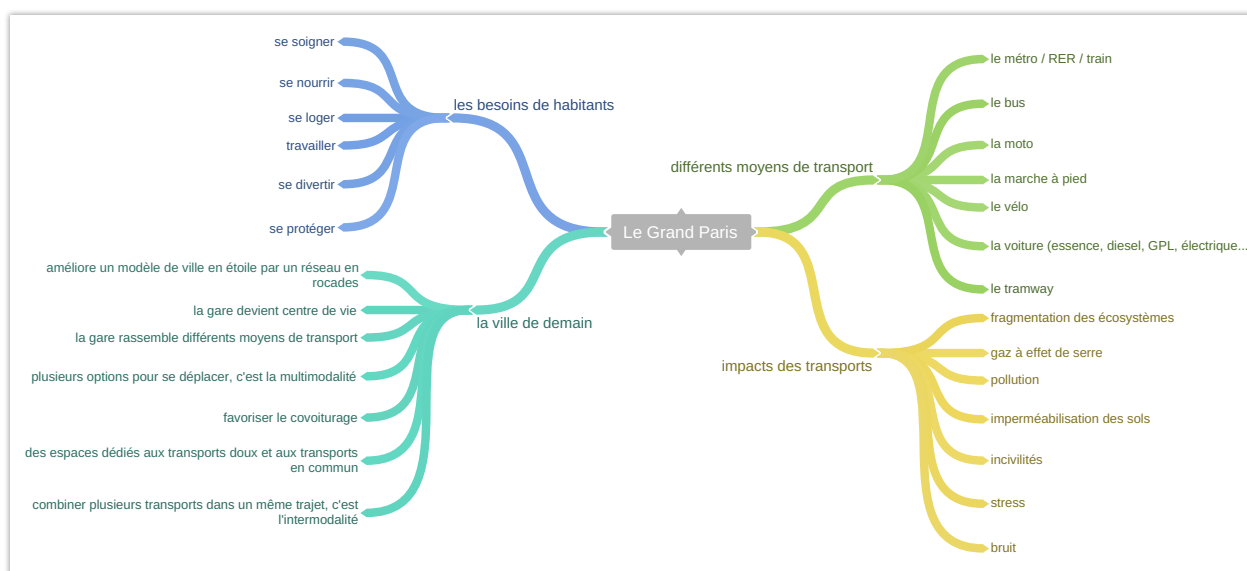
Etape 2 : catégoriser (en groupes)

Désormais, les groupes doivent classer les idées défrichées précédemment en quelques catégories seulement. Sur le thème du Grand Paris, les « branches » prévisibles sont « moyens de transports », « organisation de la ville », « impacts des transports », « besoins des habitants », etc. L'idéal est d'avoir 5 ou 6 branches maximum.

Les élèves commencent à créer leur propre carte sur une affiche A3, en regroupant physiquement les post-its autour du thème central.

Etape 3 : mise en commun (classe entière)

Les élèves doivent comprendre que cette carte est un outil pour se remémorer le travail passé. Pour cela, il faut que la carte soit agréable à lire. À cette fin, l'enseignant propose de la passer au propre par ordinateur. Il projette alors au tableau la fenêtre du logiciel choisi (*cf.* avant-propos), et remplit la carte sous la dictée des élèves : tout d'abord, les branches principales validées par les groupes. Puis, au fur et à mesure, les notions exposées à tour de rôle par les différents groupes. Selon le logiciel choisi, il est possible d'agrémenter la carte en ajoutant des pictogrammes, des images...



Exemple de carte heuristique réalisée avec Coggle.

Remerciements

Ce kit pédagogique est le fruit d'une collaboration entre la Société du Grand Paris et la Fondation *La main à la pâte*.

Les auteurs, Mathieu Hirtzig et David Wilgenbus, tiennent à remercier Laurine Quesney, professeure des écoles, co-auteure du projet « Je suis écomobile »¹³, dont le présent travail est adapté, ainsi que les éditions Le Pommier pour leur aimable autorisation.

Crédits photographiques

P10 : Fondation *La main à la pâte*

P12 (Fiche 1) : Société du Grand Paris

P14 : Fondation *La main à la pâte*

P17 : Fondation *La main à la pâte*

P24 : Toronto Transit Commission

P25 (Fiche 6) : SOeS, Insee, Inrets, enquêtes nationales transports 1982,2008, ADEME/GART, panneaux de signalisation : Google

P26 (Fiche 7) : ©Marina Smid

P29 : Fondation *La main à la pâte*

P30 : Datar, Ministère du Développement Durable

P31 (Fiche 8) : IGN/CNRS/BnF, IGN

P32 (Fiche 9) : IGN, IGN/Planet Observer

P33 : Fondation *La main à la pâte*

P36 (Fiche 10) : haut-gauche: GEOPORTAIL, haut-droite: GEOPORTAIL, centre-gauche: Dan M, Geograph Project, Creative Commons, centre: George Spade | Dreamstime.com, centre-droite: Chuck Bartlebaugh, bas-gauche: lescupidons.canalblog.com, bas-droite: Wikimedia Commons

P37 (Fiche 11) : Société du Grand Paris

P39 : Fondation *La main à la pâte*

P45 (Fiche 13) : RATP

P47 : Fondation *La main à la pâte*

P48 : Fondation *La main à la pâte*

P49 : Fondation *La main à la pâte*

P50 : Fondation *La main à la pâte*

P52 : coggle.it

¹³ *En marchant, en roulant, en navigant... je suis écomobile !*, L. Quesney & D. Wilgenbus, éditions Le Pommier, 2014.

