



REPUBLIQUE ALGERIENNE
DEMOCRATIQUE ET
POPULAIRE

Ministère de
l'Aménagement du
Territoire, de
l'Environnement et de la
Ville

GROUPE



Caisse des Dépôts et Consignations



CENTRE de MARSEILLE
pour l'INTÉGRATION en MÉDITERRANÉE

Etude sur la vulnérabilité et l'adaptation de la Wilaya d'Alger au changement climatique et aux risques naturels



Phase 1 – Evaluation et représentation des sources de vulnérabilité

Résumé exécutif

MARS 2013



Une étude pilote s'inscrivant dans un cadre régional

Sur les 300 millions d'habitants que compte la région MENA (Middle East and North Africa), environ 60% vivent en ville, dont 63 millions dans des villes de plus d'un million d'habitants. Les villes côtières, qui hébergeaient 60 millions d'habitants en 2000, devraient en compter 90 millions d'ici 2030. Ces villes sont les agglomérations les plus productives de la région. Elles sont aussi les plus sérieusement **exposées aux impacts du changement climatique**. Il est donc urgent d'évaluer les risques et les sources de vulnérabilités urbaines de la région pour renforcer la résilience des villes concernées.

Le programme « villes et changement climatique » du CMI, co-piloté par la Banque Mondiale et la CDC, a pour but de favoriser l'adaptation des villes d'Afrique du Nord aux changements climatiques et aux risques naturels. Entre 2009 et 2011, ce programme a permis la conduite d'une étude intitulée « vulnérabilité des villes côtières d'Afrique du Nord particulièrement exposées aux impacts du changement climatique et aux désastres naturels » sur 4 sites de première importance pour le bassin méditerranéen : Tunis, Alexandrie, Casablanca et la vallée du Bouregreg au Maroc. La présente étude, portant sur le périmètre de la Wilaya d'Alger, s'inscrit dans la continuité.

Une région soumise à de multiples risques naturels

La première partie du présent rapport a pour objet de définir et évaluer les menaces actuelles (ou aléas) au niveau de la Wilaya d'Alger. Sont successivement abordés les conditions climatiques, la stabilité des terrains, les séismes et tsunamis, l'érosion côtière et la submersion marine, les inondations fluviales ou par ruissellement, et enfin les problèmes de pénurie d'eau.

L'étude de l'évolution du climat à un horizon du XXI^e siècle passe par une bonne **connaissance du climat passé**. On a donc d'abord cherché à caractériser le climat, sur la période de référence 1961-1990. Le climat d'Alger est caractéristique d'un climat de type méditerranéen. Les hivers sont très doux. Les étés sont chauds et secs. La période où les précipitations sont les plus abondantes s'étend d'octobre à mars. Sur les quatre mois les plus chauds de juin à septembre, Alger connaît une période de sécheresse. Le climat de l'Algérie est très variable. L'une des manifestations les plus préoccupantes de cette variabilité est la sécheresse. L'Algérie a connu au cours de ces vingt dernières années une sécheresse intense et persistante, qui a touché l'ensemble de l'Algérie. Malgré un déficit pluviométrique récurrent, les précipitations intenses restent cependant des phénomènes fréquents dans le nord du pays. Des cumuls atteignant 260 mm en 18h ont déjà été observés sur la wilaya d'Alger. Alger est également soumise à de nombreuses vagues de chaleur, mais connaît aussi des vagues de froid relativement sévères. Sur la période étudiée, l'été 1989 a été le plus chaud, avec 17 jours de vagues de chaleur. L'été 1985, sans précipitations quotidiennes excédant 0,5mm, a été particulièrement sec. En ce qui concerne les précipitations exceptionnelles, le maximum sur 1961-1990 a été observé en 1973. Cette année-là, a également été mesuré le plus fort cumul annuel de la période avec 1171,3 mm. On observe actuellement une évolution du climat vers un réchauffement (depuis 1970, l'augmentation est de 0,5°C par décennie pour les températures maximales et de 0,2°C par décennie pour les minimales), accompagnée d'une baisse globale des précipitations annuelles (17 mm sur 10 ans à Bouzareah et de 28 mm sur 10 ans à Cap Caxine).

La région algéroise présente des reliefs par endroits prononcés, source d'une certaine **instabilité des terrains naturels**. On distingue trois principaux types de mouvements de terrain dans la zone d'étude : les glissements de terrain superficiels, à cinétique rapide, pouvant se transformer en coulées de boue ; les glissements de terrain à cinétique lente, au rang desquels on compte notamment les fluages ; enfin les chutes de pierres et de blocs. Une carte indicative de l'aléa mouvements de terrain a été réalisée dans le cadre de la présente étude, en tenant compte de la topographie et de la nature du sous-sol. Elle montre de fortes valeurs au niveau du massif de Bouzaréah et à l'extrémité ouest du

chaînon du Sahel. Les lieux propices à des mouvements de terrain indiqués par les études BRGM de 2005-2006 sur le massif du Bouzaréah sont cohérents avec cette nouvelle carte. Notons que cette carte apporte des indications sur les zones de forte instabilité, qui pourraient faire l'objet d'une analyse plus précise de l'aléa, mais elle ne peut être utilisée dans le cadre de document de planification à l'échelle communale.

La zone côtière algérienne et le Tell constituent des **zones de forte sismicité**. Des séismes dévastateurs y ont été vécus. Outre le niveau de magnitude atteint et le fait qu'il s'agisse de séismes relativement superficiels (profondeur focale inférieure à 20 km), cela est dû aussi à ce que la majeure partie de la population de l'Algérie y réside. Parmi les séismes les plus forts qui y ont été localisés, on cite ceux de 1365 d'Alger, 1716 dans la Mitidja, 1790 d'Oran, 1825 de Blida, 1856 de Jjel ou Djidjelli, 1891 de Gouraya, 1954 (Ms 6,7) et 1980 (Ms 7,3) d'El Asnam, ainsi que 2003 (Mw 6,8) de Boumerdès. Dans le cadre de la présente étude, pour l'évaluation des dommages pour des scénarios de séismes plausibles à l'horizon de quelques décennies, plusieurs scénarios ont été calculés sur les principales failles actives proches de la wilaya d'Alger : séisme maximal possible, séisme de période de retour 475 ans (soit 10 % de probabilité de dépassement sur 50 ans), séisme de période de retour 75 ans (50 % de probabilité de dépassement sur 50 ans). Les cartes de l'accélération maximale (PGA) et d'intensité sismique au rocher ont été calculées au rocher pour chacun de ces scénarios. Pour l'évaluation globale des dommages, il est proposé de retenir les séismes de référence de période de retour 475 ans relatifs aux failles du Sahel et de Blida. La faille du Sahel semble la plus dangereuse, avec une intensité de VIII à l'échelle EMS98 sur une grande partie de la wilaya, pour une période de retour de 475 ans. Concernant les effets de sites, il est proposé de rajouter de façon forfaitaire une augmentation de ½ degré d'intensité pour les zones à formations molles. Pour une bonne prise en compte du risque sismique au niveau des documents d'urbanisme à l'échelle locale (réalisation de PPR en particuliers), il conviendrait de préciser les caractéristiques géotechniques des zones à formations meubles et donc les majorations de l'accélération attendues. L'activité sismique génère également des risques de tsunamis. Le scénario considéré dans la présente étude correspond à une hauteur d'eau au rivage de 2m, pour une probabilité de survenance de quelques décennies à 100 ans, d'après les événements historiques connus.

Le littoral de la wilaya d'Alger présente une alternance de falaises (avec ou sans plages adossées), baies rocheuses ou sableuses entre promontoires rocheux, plages, dunes et zones humides. En fonction du faciès rencontré, les **risques d'érosion côtière et de submersion marine** sont plus ou moins importants. Une étude de l'évolution de la ligne de rivage de la Wilaya a été menée au moyen d'un modèle d'analyse digitale de la ligne de rivage (DSAS), qui permet de calculer le taux d'évolution de la ligne de rivage à partir d'une série temporelle de photos prises entre 1959 et 2003. En moyenne la côte algéroise perdrait 2.25 m/an. Ce phénomène est le résultat de la combinaison de plusieurs facteurs, associés au déséquilibre dans le bilan sédimentaire entre la plage et la mer: disparition du cordon dunaire (presque toute la baie d'Alger, la baie de Bou Ismail, Boumerdès, Zemmouri); disparition du haut de plage (Chenoua, Zeralda, Sidi Fredj, Bordj El Kiffan, Réghaïa, Kadous, Zemmouri, Boumerdès, cap Djinet); extraction abusive du sable de plage; extraction abusive du sable des oueds; aménagements d'ouvrages de protection contre nature (Sidi Fredj Ouest, Bous Ismail); aménagements en bordure de route; surfréquentation estivale des plages; apparition de parkings sur le haut des plages (Chenoua, Kouali, Zeralda, Réghaïa, Kadous); ou encore constructions "pieds dans l'eau" (Chenoua, Sidi Fredj Ouest,...). Les risques de submersion marine surviennent en période de tempête. Dans le cadre de la présente étude, il est estimé qu'une tempête associée à un haut niveau des eaux, peut engendrer une surcote marine à +2.14m NGA le long du rivage de la wilaya d'Alger. En tenant compte de la topographie et de la vulnérabilité du littoral (zones urbaines en front de mer), les zones à risque élevé de submersion sont Ain Chorb (plage Surcourf), les plages de Tamenfoust, Verte Rive, certaines portions des plages de Sidi El Hadj, des Ondines sud et Ondines nord, les

plages de de Bab El Oued (R'Mila et El Kettani), de Kaa Sour (commune de Casbah), ainsi qu'au droit du complexe touristique du Sahel et de la plage El Riadh, et au Sud de la plage ouest de Sidi Fredj, devant Azur Plage et Palm Beach. En situation actuelle, 22 % du linéaire côtier de la Wilaya d'Alger est considéré en risque fort d'érosion, et 13 % en risque fort de submersion.

Le territoire de la wilaya est couvert d'un réseau assez dense d'oueds dont certains sont des cours d'eau permanents. Ces oueds génèrent certains **risques d'inondation**. L'évènement le plus marquant est sans doute la crue de l'oued Koriche, qui a causé d'importants dégâts et fait un millier de morts dans le quartier de Bab El Oued en novembre 2001. L'estimation de la période de retour de cet évènement est supérieure à 100 ans. La situation pour les principaux oueds est la suivante :

- Oued El Harrach : débordements pour une période de retour de 10 ans, généralisés pour 20 ans, avec une capacité hydraulique diminuant de l'amont vers l'aval, et de nombreux ponts insuffisants pour l'écoulement d'une crue décennale (voies ferrées, rocade, RN5, autoroutes).
- Oued El Hamiz : débordements commençant pour 5 ans, avec des ouvrages réduisant la capacité d'écoulement, et l'occupation du lit par de l'habitat précaire. Sa capacité hydraulique diminue également de l'amont vers l'aval. L'incidence du barrage du Hamiz sur les crues est faible.
- Oued Reghaia : débordements généralisés dès la période de retour 10 ans, avec de nombreux ponts gênant l'écoulement des flots pour cette occurrence, des remblais occupant peu à peu les espaces de débordement et le lit de l'oued, et là-aussi une occupation du lit (réseaux, clôtures, habitations, ...)
- L'Oued Mazafran ne semble pas poser de problèmes, les débordements se produisant dans des zones peu vulnérables, hormis au droit d'ouvrages de franchissement insuffisants.

En ce qui concerne le réseau d'assainissement pluvial, six zones sensibles prioritaires ont été identifiées. Des risques d'inondations catastrophiques ont été diagnostiqués pour les collecteurs M'Kacel et Baranes (cf. inondations de 2001), ainsi que Mahelma (cf. inondations de 2007). Des inondations fréquentes touchent également des zones très vulnérables au niveau des collecteurs de l'oued Ouchaiah, CIC, et Bab Ezzouar (points bas nécessitant du pompage), et au niveau des réseaux Bordj El Kiffan et Alger plage (zones de faible altitude / niveau de la mer).

La région d'Alger se caractérise par une grande diversité de **ressources en eau** : eaux superficielles (barrages et transferts), eaux souterraines (principalement nappe de la Mitidja), dessalement d'eau de mer (6 usines ayant une capacité de 230 000 m³/j). La réutilisation d'eaux usées est également prévue à court terme. Les réseaux sont par ailleurs interconnectés avec ceux des wilayas voisines : Tizi Ouzou, Boumerdès, Blida, Tipaza (certaines ressources communes). La nappe de la Mitidja est en situation de surexploitation, ce qui a également comme conséquence une intrusion d'eau salée dans la partie aval. La demande en eau actuelle de la wilaya est d'environ 860 000 m³/j. Elle est satisfaite à 53% par des eaux superficielles, 28% par des eaux dessalées, et 19% par des eaux souterraines. Face à l'accroissement important de la population et de la demande en eau, notamment dans les villes et les zones agricoles, les investissements importants réalisés au niveau national depuis plusieurs décennies ont eu pour objectif de maximiser et d'optimiser la régularisation des eaux superficielles par la réalisation de barrages et de transferts (notamment le transfert depuis le barrage de Taksebt mis en service en 2008). La réalisation d'usines de dessalement de grande capacité (Hamma, Fouka et celle de Cap Djinet en 2012) complète la ressource de la Wilaya, et a permis d'amorcer la réduction des pompages dans la nappe de la Mitidja. Les aménagements réalisés sur les réseaux d'adduction et de distribution permettent depuis peu une distribution d'eau 24h/24 dans la Wilaya d'Alger. Ce n'est pas encore le cas des wilayas voisines. En raison du caractère très urbain de

la wilaya, ces eaux sont essentiellement destinées à l'alimentation en eau potable, les besoins en irrigation représentant moins de 10% du total. Ces besoins sont couverts par les ressources disponibles et ne font pas apparaître de situation de pénurie, même si le régime hydrologique est très irrégulier, avec des années sèches exceptionnelles récentes comme en 2001. La disponibilité des ressources en eau dessalée et des ressources superficielles est mise à profit pour diminuer les prélèvements dans la nappe de la Mitidja.

Des risques aggravés par le changement climatique

Dans le cadre de la présente étude, des **projections climatiques à l'horizon 2030** ont été réalisées à l'aide de neuf modèles de descente d'échelle dynamique du projet européen ENSEMBLES. Ce programme européen de R&D avait parmi ses objectifs d'affiner les projections climatiques du GIEC avec le scénario d'émissions de gaz à effet de serre A1B, avec des grilles de modèle de haute résolution (25 km), en quantifiant les incertitudes. Ses résultats sont ici complétés par les simulations d'ARPEGE Climat, à la résolution de 50 km sur l'Algérie, associées aux scénarios A1B, B1 et A2. D'après l'ensemble des modèles, le réchauffement, déjà clairement observé, devrait se poursuivre jusqu'à l'horizon 2030. Il serait associé à une augmentation du nombre de jours de vague de chaleur en été. L'écart entre la température annuelle moyenne à l'horizon 2030 et la période de référence 1961-1990 est compris entre 1 et 1.4°C suivant les régions. Le réchauffement est plus marqué en été et plus important au sud de la zone d'étude. Concernant l'évolution des précipitations, l'incertitude est plus importante car l'étude révèle des différences entre les modèles. L'analyse multimodèles du scénario socio-économique A1B montre cependant une baisse du cumul annuel de précipitations, inférieure à 10%. Cette baisse serait plus nette en hiver et plus marquée au sud. On retiendra également le probable allongement des périodes de sécheresse. Il reste en revanche difficile de conclure sur l'évolution des événements de précipitations extrêmes au vu des réponses très différentes d'un modèle à l'autre, certains modèles prévoient cependant des hausses des pluies extrêmes de 10 à 30%. Les résultats montrent également que la variabilité des événements extrêmes augmenterait dans le futur.

En dehors des risques géologiques (instabilités des terrains naturels) et sismiques, les autres risques naturels seront affectés par le changement climatique.

Les conditions d'érosion et de submersion côtières seront notamment affectées par l'élévation du niveau marin indirectement provoquée par le réchauffement climatique, via les phénomènes d'expansion thermique des masses d'eau (dilatation) et la fonte des calottes polaires. Sur la base d'une analyse critique des projections du GIEC et des dernières références bibliographiques sur ce sujet, nous considérons pour cette étude une élévation globale du niveau marin de 20 cm à l'horizon 2030. Signalons qu'il s'agit d'une hypothèse haute, impossible à affiner sur Alger en l'absence de données marégraphiques disponibles.

En dépit de certains projets de protection du littoral, l'élévation du niveau marin va réactiver ou amplifier le processus d'érosion côtière, et donc de recul du trait de côte. Les plages sableuses risquent de reculer en moyenne de 10 à 20m selon leurs pentes et leurs granulométries. Dans les secteurs urbanisés, lorsque les résidences sont protégées par des murs de protection et/ou lorsque les habitations sont directement implantées sur le haut de plage, le recul du rivage si celle-ci présente une très faible pente pourra conduire à des dommages notables (affouillements en pied des murs) de ceux-ci. Dans les secteurs où la plage est large et le haut de plage encore à l'état naturel, l'effet du recul sera moins sensible mais néanmoins réel.

En cas de tempêtes associées avec un haut niveau des eaux (prise en compte d'une valeur de +2,34 m NGT pour un événement à caractère exceptionnel), les aménagements de haut de plage dans les zones urbanisées et les habitations directement implantées sur la plage le long du littoral risquent de subir de gros dommages, la largeur de plage étant alors insuffisante pour amortir l'effet des houles car trop proche de la laisse de mer. Les plages sableuses restées à l'état naturel seront partiellement immergées et devrait montrer un faible recul. En conséquence, elles devraient pouvoir se reconstituer pendant les périodes de beau temps, en particulier lorsque l'arrière-plage est constitué de dunes. La prise en compte d'une élévation du niveau des eaux à l'horizon 2030 de 20 cm conduirait à une augmentation de l'ordre de 7% du risque érosion fort du littoral de la wilaya d'Alger. Cette augmentation du risque est principalement due au passage du risque érosion moyen à fort mais on note néanmoins 1% du littoral qui serait fortement sensible à cette élévation du niveau des eaux car de risque faible, il passerait à risque fort.

L'élévation du niveau de la mer aura également comme conséquence la submersion des terrains les plus bas qui sont représentés le long de la Wilaya d'Alger par le débouché des oueds. En période de tempête, l'effet de l'élévation du niveau des eaux à l'horizon 2030 n'induirait que peu d'évolution des risques de submersion, de l'ordre de 2% du linéaire de littoral, passant de niveau de risque moyen à un niveau de risque fort.

Notons qu'en l'absence de données topographiques précises du rivage, il est très difficile d'évaluer l'impact de l'élévation du niveau marin en termes de superficies littorales touchées par l'élévation du niveau des eaux.

Les conditions d'inondation à l'horizon 2030 ont été évaluées en considérant de nouvelles hypothèses de précipitations. L'hypothèse de changement climatique retenue (accroissement des pluies extrêmes journalières de 10 à 30% selon les bassins versants) modifierait la fréquence des précipitations exceptionnelles : la pluie de période de retour 20 ans en situation actuelle devient décennale, la pluie centennale en situation actuelle acquiert une période de retour 50 ans en 2030. Les conséquences sont les mêmes pour les débits de crue. Il est par conséquent possible d'estimer les secteurs qui seront soumis à débordements suite au changement climatique, en tenant compte des aménagements de lutte contre les inondations programmés d'ici 2030. Ainsi, le niveau de protection des aménagements prévus sur les grands oueds passerait de 100 ans à 50 ans. Pour la crue centennale, l'écoulement se ferait « à plein bords » compte-tenu des revanches prévues. Par contre, ce type d'écoulement générerait pour les oueds El Harrach et Reghaia des risques de débordements et de ruptures de digues non contrôlés, dans des zones très vulnérables. Les digues déversantes prévues sur l'oued El Hamiz permettraient de contrôler et de gérer les débordements en amont des zones vulnérables, jusqu'à des périodes de retour bien supérieures à 100 ans. Ce type d'aménagement est à recommander pour gérer les écoulements des crues exceptionnelles, dépassant la crue de projet.

Les projets d'aménagements de ces grands oueds mettent en avant des difficultés techniques et économiques pour certains ouvrages de franchissement importants (rocodes, voies ferrées), pour lesquels le niveau de protection resterait inférieur à 50 ans dans l'attente de meilleures solutions.

Le réseau d'assainissement pluvial, pour lequel le schéma directeur prévoit un niveau de protection minimal de 10 ans, et jusqu'à 50 ans pour certains secteurs plus vulnérables, verrait également son niveau de protection diminuer.

Enfin, soulignons que les hypothèses sur le niveau marin prises en compte pour le dimensionnement des projets ne prennent pas en compte de surcote liée aux différents phénomènes existants : marées, tempêtes. Cette surcote est aggravée avec le changement climatique.

Objet et localisation		Situation actuelle	Situation future avec aménagements programmés	Situation future avec aménagements programmés et changement climatique
		Fréquence d'apparition des débordements		
Massif du Bouzareah	Oued Koriche	entre 20 et 50 ans sur l'oued principal, à partir de 20 ans pour certains affluents (aménagements réalisés)	entre 20 ans et 50 ans sur l'oued principal, à partir de 20 ans pour certains affluents	Entre 10 et 20 ans sur l'oued principal, à partir de 10 ans pour certains affluents
	Oued Beni Messous	10 ans Débordements généralisés mais limités	>100 ans pour l'un des franchissements 10 ans pour les autres débordements généralisés mais limités	>50 ans pour l'un des franchissements 5 ans pour les autres débordements généralisés mais limités
	Petits oueds côtiers	Entre 5 et 100 ans	>100 ans	> 50 ans
Réseau principal d'assainissement pluvial		2 ans pour de nombreux collecteurs 10 ans : 27% du réseau 50 ans : 35% du réseau	> 10 ans au moins > 50 ans sur les collecteurs des secteurs à forts enjeux	10 ans 50 ans sur les collecteurs des secteurs à forts enjeux 100 ans : 35% du réseau 10 ans : 19% du réseau
Oued El Harrach		10 ans	>100 ans <100 ans pour les ouvrages insuffisants	100 ans (écoulement à pleins bords) <50 ans pour les ouvrages insuffisants
Oued El Hamiz		5 ans	>100 ans (écoulements à pleins bords de 200 ans jusqu'à T=1000 ans - débordements contrôlés par les digues déversantes en amont) <100 ans pour les ouvrages insuffisants	100 ans (écoulements à pleins bords de 100 ans à 500 ans, débordements contrôlés par les digues déversantes en amont) <50 ans pour les ouvrages insuffisants

Objet et localisation		Situation actuelle	Situation future avec aménagements programmés	Situation future avec aménagements programmés et changement climatique
Oued Reghaia		10 ans	>100 ans	100 ans (écoulement à pleins bords)
Autres oueds	Communes de Staoueli, Birtouta, Aïn Benian	<10 ans	>100 ans	100 ans

Le changement climatique affectera également la **disponibilité des ressources en eau**. L'augmentation de température se traduira par un accroissement de l'évapotranspiration et de l'évaporation réelle (retenues). Ainsi, un accroissement de 1°C de la température moyenne se traduirait par une augmentation de 4% de l'ETP en été, de 10% en hiver. L'accroissement de la température pourrait également conduire à une augmentation de la vitesse d'envasement des barrages. Dans le même temps, la pluviométrie pourrait baisser de 10% à 30% selon les modèles, ce qui pourrait entraîner une baisse de l'ordre de 20% des volumes régularisables par les barrages et de l'ordre de 40% de la ressource en eau souterraine (ces chiffres sont des estimations qui demandent à être affinées). Malgré cette réduction de la ressource, la modélisation réalisée dans le cadre de la présente étude montre que les ressources disponibles seraient suffisantes pour satisfaire la demande en eau de la Wilaya d'Alger en 2030, qui ne devrait d'ailleurs pas évoluer significativement à cet horizon, les autorités misant sur une augmentation importante du rendement des réseaux (réduction des pertes) pour compenser l'augmentation des besoins.

En effet, pour la population de la Wilaya d'Alger estimée à environ 4 millions d'habitants en 2030, les ressources disponibles à l'horizon 2030 en tenant compte du climat futur seraient de l'ordre de 108 m³/an/habitant (116m³/an/habitant si l'on tient compte des capacités de dessalement totales), pour une demande en eau qui serait de l'ordre de 70 m³/an/habitant en 2030 (la demande actuelle est de 91 m³/an compte-tenu des pertes).

Les chiffres d'allocation besoin-ressources montrent que si les efforts d'amélioration du rendement des réseaux d'adduction et surtout de distribution sont poursuivis et atteignent les objectifs fixés, les ressources mobilisables pour l'alimentation en eau de la Wilaya d'Alger apparaissent suffisantes pour les 10 à 20 prochaines années, avec des ressources supérieures d'au moins 30% à la demande (25% en 2015, qui serait une année de pic en termes de besoin). Cette marge de manœuvre permet de faire face à l'évolution qui pourrait être plus défavorable que prévu de certains éléments intervenant dans l'estimation (population, rendements, dotations, climat). Mais au cas où tous les facteurs défavorables se conjugueraient, on pourrait arriver à une situation de déficit. Cette situation de suffisance relative permet également de disposer du temps nécessaire pour l'adaptation au changement climatique, et notamment de mettre en place des plans d'actions pour les périodes de sécheresse, les simulations ayant montré que ce sont les successions d'années sèches qui sont pénalisantes. Cette situation permet également de renforcer les actions de préservation de la nappe de la Mitidja, qui pourrait constituer une réserve stratégique si sa qualité était restaurée.

Un élément de sécurité supplémentaire est cependant apporté par les capacités de production des usines de dessalement qui n'ont pas été considérées en totalité, par prudence du fait des nombreuses contraintes d'exploitation (prudence adoptée dans le schéma directeur).

Notons cependant que l'allocation besoins-ressources de la Wilaya d'Alger dépend également des besoins des wilayas voisines, certaines ressources étant partagées. Avec le climat à venir, la réduction possible des volumes régularisables des barrages et des volumes d'eaux souterraines disponibles entraînera de nouvelles contraintes, et une gestion plus tendue de ces ressources. De plus, certaines ressources comme les stations de dessalement, situées en bord de mer, deviennent plus exposées au risque de submersion du fait de la montée du niveau marin. Le schéma directeur actuel envisage des scénarios de crise en cas de déficience temporaire des différentes ressources, et prévoit les aménagements nécessaires du réseau d'adduction et de distribution pour continuer à assurer la desserte de la Wilaya.

Une mutation des vulnérabilités urbaines à l'horizon 2030

La métropole d'Alger regroupe plus de 5,3 millions d'habitants (2008) dont près des deux tiers habitent dans la wilaya d'Alger. Elle représente le premier pôle d'activité économique hors hydrocarbure du pays et concentre les fonctions de commandement (gouvernement, siège sociaux des grandes entreprises). Son importance stratégique justifie un niveau d'équipement supérieur aux autres territoires du pays, mais rend d'autant plus important la nécessité d'une prévention efficace pour faire face aux risques naturels. L'occupation des sols de la wilaya d'Alger se caractérise par une urbanisation littorale qui s'étend sur les reliefs du Sahel et dans la plaine Est de la Mitidja, de vastes espaces agricoles dans la plaine Sud et Ouest de la Mitidja, des espaces forestiers sur des surfaces limitées (forêt de Baïnem, forêt de Zéralda), deux zones humides (Reghaïa et Mazafran). Il ressort de cette analyse que plus de 40% de l'espace de la wilaya est urbanisé en 2012. L'ensemble du littoral de la baie d'Alger est maintenant urbanisé de façon quasi continue. Les extensions urbaines s'étendent sur le massif du Tell à l'ouest et au sud d'Alger et rejoignent progressivement la plaine de la Mitidja au sud. A l'est, la plaine de la Mitidja est largement mitée par une urbanisation soutenue par l'implantation de grandes zones d'activité économique, génératrice d'emploi et nécessitant la proximité de zones d'habitation pour les employés.

Les composantes urbaines sensibles identifiées dans le cadre de cette étude sont les suivantes : habitat précaire (bidonvilles, habitat insalubre), habitat informel (lotissements clandestins), habitat dense, pôles d'activité économique, infrastructures et équipements stratégiques sensibles, sites de risques technologiques majeurs et patrimoine urbain (Casbah, monument, centre ancien) et naturel (forêt, zone humide). Ces zones urbaines sensibles sont particulièrement vulnérables en cas d'événement naturel majeur. Elles nécessitent des mesures de protection ou de résorption plus importantes que les autres espaces urbains. A ces espaces sensibles, il faut ajouter le reste de l'urbanisation qui recouvre des enjeux de population, d'activité, de patrimoine qui doivent aussi être pris en compte en cas d'aléas naturels, mais avec une moindre sensibilité car recouvrant des enjeux moins stratégiques ou une fragilité moins importante.

Le croisement des aléas et sensibilités territoriales réalisé sous SIG dans le cadre de la présente étude a permis d'identifier un certain nombre de vulnérabilités aux risques naturels.

Il s'agit notamment des zones urbaines qui se sont développées le long des principaux oueds : l'oued el Harrach, l'oued el Hamiz, les oueds du massif de Bouzareah, et dans une moindre mesure les oueds de Reghaïa et de Mazagran. Les oueds du massif de Bouzareah ont un impact potentiellement important à cause d'une urbanisation relativement récente, en grande partie informelle, qui augmente

l'exposition au risque. De plus, l'imperméabilisation des sols induite par cette urbanisation renforce l'intensité des crues. L'extension de l'urbanisation dans la plaine de la Mitidja vient se confronter avec les zones inondables de l'oued el Harrach et de ses affluents. Cela concerne des zones d'activité industrielle ainsi que des équipements. L'oued el Hamiz peut créer des remontées d'eaux à travers les réseaux de drainage et d'assainissement provoquant des inondations dans les quartiers urbanisés dans les zones basses. L'oued Reghaïa vient tangenter la zone industrielle de Rouiba/Reghaïa et l'aéroport et traverse des quartiers urbanisés denses. L'intensité des précipitations sur des pentes importantes renforce la vulnérabilité des espaces urbanisés concernés, dont une grande partie est constituée d'habitat informel assez dense. La catastrophe de Bab el Oued a déjà montré les conséquences de ce type d'événement sur ces reliefs.

Les glissements de terrain concernent des espaces littoraux au Nord-Est, les berges de l'oued el Harrach, les hauteurs d'Alger, le Nord du massif de Bouzareah et le Sahel dans sa partie Sud-Ouest. Ceux-ci concernent des espaces urbains de différentes natures, qu'il s'agisse de quartiers de villas en bord de mer, de zones anciennes d'habitat dense au centre d'Alger, de larges zones d'habitat informel en périphérie du centre d'Alger et de zone d'urbanisation récentes dans le Sahel.

La vulnérabilité par rapport au risque sismique est soumise à un aléa qui couvre l'ensemble du territoire. C'est la nature des constructions qui fait varier le niveau de vulnérabilité. Ainsi les espaces fragiles constituent ceux qui supportent les plus fortes vulnérabilités. Il s'agit des bidonvilles, de l'habitat précaire, de l'habitat informel, du patrimoine urbain de la Casbah des centres villageois anciens et du vieux bâti du centre-ville d'Alger. Les espaces stratégiques, notamment les grandes infrastructures en réseau, les équipements de santé et d'éducation, les lieux de commandement, les zones d'activités économique (bureaux, industries) et les zones d'habitation denses, généralement construits selon les normes en vigueur sont potentiellement moins susceptibles de subir des dégâts majeurs que les espaces fragiles. Ils constituent toutefois des sites particulièrement sensibles par les effets systémiques qui peuvent être induits par leur endommagement en cas d'événement sismique majeur.

Alger doit donc poursuivre sa politique de consolidation des espaces fragiles, soit par la résorption de l'habitat précaire et des bidonvilles, soit par la consolidation du patrimoine de la Casbah et du vieux bâti. Les larges espaces d'habitat informel, construit en dehors des normes de la construction constitue un des enjeux fort de la prévention face aux risques naturels. Au-delà de la qualité des constructions qui doivent être remise aux normes, c'est aussi l'aménagement de ces quartiers qui doit être pris en considération : les espaces publics très réduits, le sous équipement (santé, éducation, sécurité), le manque d'espaces de dégagement pour des réfugiés et l'exiguïté du réseau de voirie rendant l'accessibilité difficile sont autant de facteurs aggravants.

La politique nationale d'aménagement du territoire exprimée à travers le Schéma national d'Aménagement du territoire 2030 (SNAT) se place sur le long terme afin de rééquilibrer les dynamiques spatiales en faveur des hauts plateaux et limiter ainsi l'impact de l'urbanisation sur le littoral. La réalisation des grandes infrastructures (autoroutes, chemin de fer...), le renforcement des villes secondaires de l'intérieur et la création de villes nouvelles sur les Hauts plateaux avec des déplacements prévus d'administrations et d'entreprises publiques devrait en effet permettre à long terme de reporter une partie de la dynamique de croissance vers l'intérieur. Le littoral algérien fait l'objet d'une politique d'aménagement en cours de réalisation. Des nombreuses études ont été conduites, notamment le Plan d'Aménagement côtier de la métropole d'Alger (PACMA), qui ont permis de déterminer les enjeux, de mettre en place des indicateurs, de définir la politique de protection et de mise en valeur de cet espace particulièrement sensible. Par exemple, la délimitation en cours par bornage des bandes littorales fixe sur le terrain le cadre de protection et de mise en valeur du littoral. Les documents de planification métropolitaine et urbaine en préparation sur Alger s'inscrivent

pleinement dans cette volonté de rééquilibrage dont les effets pourront se faire sentir à long terme. Ils intègrent aussi les protections et recommandations pour l'aménagement de l'espace littoral afin de réduire l'exposition aux risques naturels et orienter l'urbanisation sur les sites les moins dommageables pour l'environnement. Ils traduisent, au niveau métropolitain et de l'agglomération d'Alger, le cadre national fixé dans les documents d'échelle plus large.

L'analyse des vulnérabilités urbaines à l'horizon 2030 fait ressortir les points suivants :

- La vulnérabilité augmente avec l'urbanisation, bien que les zones d'urbanisation future prévue au PDAU évitent pour la plupart les zones à risque ;
- La résorption des bidonvilles et de l'habitat précaire, si elle est conduite à son terme, réduira l'exposition aux risques des populations les plus fragiles ;
- La réhabilitation de la Casbah et du Vieux bâti du centre-ville, si elle est effectivement réalisée, réduira l'exposition aux risques ;
- L'habitat informel, construit hors normes, constituera en 2030 le principal enjeu de fragilité urbaine face aux risques naturels ;
- De grands projets d'expansion urbaine sont prévus dans les zones inondables de l'oued el Harrach et sur le littoral de la baie d'Alger. Vu l'importance stratégique de ces projets, des mesures de protection importante devront être envisagées ;
- L'infrastructure des boulevards secondaires s'avère très insuffisantes pour compléter le réseau de grandes voiries structurantes, rendant ainsi difficilement accessible les quartiers ;
- La ville nouvelle de Sidi Abdallah se situe dans un espace très contraint par les aléas liés aux glissements de terrain. Le projet prend toutefois en compte ces risques dans la localisation des espaces à urbaniser.
- Les projets de rénovation urbaine situés le long de l'espace littoral permettront certes des réalisations de bonne qualité constructive, mais se situent dans des zones soumises à des risques d'inondation.

En définitive, les grands projets d'équipements et d'infrastructures projetés pour 2030, les constructions nouvelles, les réhabilitations des tissus urbains existant les opérations de rénovation urbaines devraient améliorer la résilience des espaces urbains face aux risques naturels, sous réserve des capacités de l'administration à faire respecter les normes en vigueur. Cependant, l'ampleur de l'extension des quartiers informels et les difficultés dans l'application de la loi de régularisation des constructions illégales fait apparaître de larges espaces qui resteront des espaces de forte vulnérabilité.

Par ailleurs, le manque de projet d'infrastructures de voirie (boulevards) en complément du réseau principal de voies rapides, le manque de projets de création d'espaces publics dans la ville existante (au-delà des projets de requalification des espaces publics existants) laisse de nombreux quartiers de la ville dans une situation de faible accessibilité et de faible capacité pour faire face aux crises engendrée par des événements naturels majeurs.

Les documents d'urbanisme en préparation peuvent bénéficier des résultats de la présente étude pour **mieux prendre en compte la nature des risques naturels à la fois dans le choix de la localisation des extensions urbaines et dans la définition des grands projets** et des mesures d'accompagnement de l'aménagement urbain. En effet, une meilleure prise en compte de l'amélioration de la ville existante pour faire face aux risques naturels dans les documents de planification urbaine au niveau métropolitain (SDAAM) et de l'agglomération (PDAU) en préparation

permettrait de renforcer les capacités d'adaptation de la wilaya d'Alger face aux risques naturels et au changement climatique.

Un cadre institutionnel à améliorer

La wilaya d'Alger est soumise à une série d'aléas naturels qui récemment ont été la cause de grandes catastrophes (Bab el Oued 2001, Boumerdès 2003) avec des pertes de vie humaines très importantes. Face à ces risques, **les autorités algériennes ont renforcé leurs capacités de prévention et de réaction**. Cela s'est traduit par des normes mieux adaptées à l'échelle des risques et, plus récemment, par la préparation de documents de planification urbaine : le Schéma directeur d'aménagement de l'aire métropolitaine d'Alger (SDAAM) qui porte sur 4 wilayas (Alger, Tipaza, Blida et Boumerdes) et le Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme de la wilaya d'Alger (PDAU). Ces documents sont destinés à mieux gérer le territoire dans ses dimensions sociales, économiques et environnementales. Ils se projettent à un horizon 2030.

La production de lois, décrets et règlements d'organisation technique et administrative du Pays pour la réduction de la vulnérabilité aux risques naturels (observée en particulier après les désastres d'Ain Temouchent - Bab El Oued - Boumerdès entre 1999 et 2003) souffre cependant de **quelques faiblesses et désalignements ne permettant pas encore de conclure dans l'amélioration de la résilience du système-Pays**. En effet, la production législative et réglementaire des trois dernières décennies en matière de risques majeurs naturels est caractérisée par une distribution très inégale de textes et de contenus. Il est notamment remarqué que le système national de gestion des risques tel qu'il a été dessiné par la loi 04-20, peine à aboutir, car il lui manque toujours le « haut » (à savoir, l'entrée en opération du duo DNRM et CI) et la base (notamment, les systèmes d'alerte qui avaient été perçus et indiqués comme priorité absolue).

Dans ce contexte, **les changements climatiques restent plutôt à l'arrière-plan** dans l'activité législative nationale, car la transformation rapide des retours d'expérience en décrets et règlements les ont assez systématiquement relégués à un rôle encore marginal pour l'instant. Il faut toutefois noter que la liaison de plus en plus fréquente entre changement climatique et extrêmes climatiques de courte et moyenne période, ont mené à annoncer (allocution du Président de la République à la Conférence de Copenhague, Décembre 2009) que la Stratégie Nationale d'adaptation devrait se dessiner sur la base de critères de « défense proactive » ; ceci devrait donner une importance accrue à la surveillance et aux prévisions météorologiques et climatologiques, donc un rôle accru pour l'ONM.

Un plan de recommandations à développer en deuxième phase d'études

Le présent diagnostic n'est pas une fin en soi. Il vise à l'élaboration de plans d'actions pour accroître la résilience de la ville d'Alger face au changement climatique et aux catastrophes naturelles, et à la formulation de recommandations pour favoriser la mise en œuvre de ces plans.

Soulignons cependant que la présente étude n'a pas vocation à préciser le détail de ces plans d'actions. Pour ce faire, des études complémentaires sont requises, et feront justement l'objet de certaines recommandations. Notons, par exemple, qu'en l'absence de modèle numérique de terrain suffisamment précis pour simuler des hauteurs d'eau et établir des cartes d'inondation ou de submersion marine, l'évaluation des niveaux de risque reste ici essentiellement qualitative. Par ailleurs, des réflexions plus approfondies devront être menées sur l'évolution de la trame urbaine et du bâti dans les 20 prochaines années, le niveau de définition du PDAU – sur lequel repose la présente étude – s'avérant peu satisfaisant.